

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 194

Identificação macroscópica de madeiras: guia prático e noções básicas para o seu reconhecimento

Paulo Cesar Botosso

Embrapa Florestas
Colombo, PR
2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba,
83411-000, Colombo, PR - Brasil
Caixa Postal: 319
Fone/Fax: (41) 3675-5600
www.cnpf.embrapa.br
sac@cnpf.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Patrícia Póvoa de Mattos
Secretária-Executiva: Elisabete Marques Oaida
Membros: Antonio Aparecido Carpanezi, Cristiane Vieira Helm,
Dalva Luiz de Queiroz, Elenice Fritzsons, Jorge Ribaski, José
Alfredo Sturion, Marilice Cordeiro Garrastazu, Sérgio Gaiad

Supervisão editorial: Patrícia Póvoa de Mattos

Revisão de texto: Mauro Marcelo Berté

Normalização bibliográfica: Elizabeth Denise Roskamp Câmara

Editoração eletrônica: Mauro Marcelo Berté

Imagens da capa: Paulo Cesar Botosso

1ª edição

1ª impressão (2011): 500 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Florestas

Botosso, Paulo Cesar.

Identificação macroscópica de madeiras : guia prático e noções básicas para o seu reconhecimento / Paulo Cesar Botosso. - Colombo : Embrapa Florestas, 2011.

65 p. - (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1517-52X ; 194)

1. Madeira - Identificação. 2. Anatomia da madeira. I. Título. II. Série.

CDD 582.16 (21. ed.)

© Embrapa 2011

Autor

Paulo Cesar Botosso

Engenheiro Florestal, Doutor,
Pesquisador da *Embrapa Florestas*
botosso@cnpf.embrapa.br

Apresentação

A anatomia da madeira é um ramo da ciência botânica que se ocupa do estudo dos diversos tipos de células que constituem o lenho (ou xilema secundário), suas funções, organização, peculiaridades estruturais e relações com a atividade biológica do vegetal. Esse ramo apresenta-se como uma ferramenta essencial no reconhecimento e identificação de madeiras e/ou árvores, em geral, com bom grau de segurança e confiabilidade.

O presente documento tem o objetivo de fornecer subsídios e procedimentos básicos necessários para esse processo. Vale ressaltar, no entanto, que o nível de conhecimento básico, uma excelente memória visual, boa prática, exercício e treinamento constantes, consulta aos acervos e às coleções de referência, bem como aos especialistas no assunto, são aspectos fundamentais àqueles que queiram aprimorar, de forma significativa, esse conhecimento e, conseqüentemente, melhorar o seu desempenho no reconhecimento e identificação das inúmeras espécies florestais madeireiras existentes.

Ivar Wendling

Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento

Sumário

Introdução	9
Identificação de madeiras: macro e microscópicas	12
Planos de corte ou de observação	16
Características para a identificação macroscópica.....	19
Características organolépticas.....	19
Características anatômicas macroscópicas	27
Vasos.....	28
Parênquima axial.....	36
Parênquima radial, raios parenquimáticos (raios)	48
Variações cambiais (caracteres especiais)	52
Bases de dados na Internet.....	61
Lista dos principais acervos (xilotecas) no País	62
Referências	64

Identificação macroscópica de madeiras: guia prático e noções básicas para o seu reconhecimento

Paulo Cesar Botosso

Introdução

A anatomia (do grego “*anatomé*”: incisão, dissecação, com o sufixo latino “*ia*”) da madeira é um ramo da ciência botânica que se ocupa do estudo dos diversos tipos de células que constituem o lenho (xilema secundário), suas funções, organização, peculiaridades estruturais e relações com a atividade biológica do vegetal (BURGER; RICHTER, 1991).

A madeira é constituída por um conjunto heterogêneo de diferentes tipos de células e tecidos, apresentando propriedades específicas importantes no desempenho de funções vitais da planta relacionadas à condução de líquidos, transformação, sustentação, armazenamento e transporte de substâncias nutritivas. Além de importante ramo da ciência botânica, a anatomia constitui-se elemento fundamental para qualquer emprego industrial que se pretenda destinar a madeira, com os objetivos de: (i) conhecê-la visando ao seu emprego correto; (ii) identificar espécies; (iii) distinguir madeiras aparentemente idênticas; (iv) prever utilizações adequadas de acordo com suas características estruturais; (v) prever e compreender o seu comportamento no que diz respeito a sua utilização.

A identificação de madeiras é, na realidade, a identificação das árvores que produzem essas madeiras. No entanto, é importante lembrar que o xilema é encontrado em várias regiões dos vegetais, não só no caule, como raiz e ramos. Ainda que toda madeira seja proveniente de tecido xilemático, entretanto, sob a ótica comercial, nem todo xilema secundário produz madeira de interesse.

A classificação de uma árvore, matéria-prima para a produção de madeira serrada ou beneficiada, é realizada considerando-se principalmente as partes reprodutivas da planta (ex.: flores e frutos), como também outras características morfológicas do vegetal (casca, folhas, etc.). A identificação botânica correta de uma árvore depende, portanto, do conhecimento dessas características. Contudo, na maior parte das vezes, ocorre que, na prática, durante o processo de extração e de transformação da árvore em madeira beneficiada, essas características do vegetal, sobretudo, as partes reprodutivas e morfológicas necessárias para sua identificação botânica, são eliminadas ou praticamente desconsideradas. Segundo Ferreira et al. (2004), nas coletas botânicas realizadas em áreas florestais de empresas madeireiras do Estado do Pará, verificou-se durante os inventários florestais que diferentes espécies estavam, frequentemente, sendo agrupadas em um mesmo nome vulgar. Esse procedimento acompanhava o percurso de transformação da madeira e, muitas vezes, as espécies trocavam de nomes da floresta para a serraria e para o comércio, dependendo da demanda externa.

Nesse contexto, esse ramo da ciência botânica tem demonstrado ser uma ferramenta essencial, auxiliando, cientificamente, no reconhecimento e identificação de madeiras e/ou árvores, em geral, com bom grau de segurança e confiabilidade. No contexto da sustentabilidade do manejo florestal, a mesma também pode desempenhar um papel de suma importância como ferramenta adicional à identificação correta de espécies.

O presente guia, de caráter teórico-prático, tem como objetivo principal fornecer os subsídios e procedimentos básicos necessários para o reconhecimento e identificação macroscópicos de essências florestais, através da anatomia do lenho de algumas madeiras tradicionalmente empregadas no comércio e com as quais o profissional e demais interessados no assunto mais comumente se deparariam em suas atividades.

Não se trata, nesse caso, de um tratado de Anatomia Vegetal, nem mesmo um tratado de microscopia ou um manual de técnicas botânicas de identificação. O mesmo propõe-se, basicamente, em colocar a disposição do público interessado no assunto (por exemplo: fiscais federais agropecuários, agentes governamentais oficiais, engenheiros, técnicos, estudantes, entre outros) os meios práticos indispensáveis para o diagnóstico de espécies florestais madeireiras de expressão econômica, facilitando, desta forma, suas atividades nas mais diversas áreas do conhecimento em que possa ser aplicada.

Com esse intuito, serão apresentadas, também, algumas recomendações, referências bibliográficas pertinentes, informações sobre bancos de dados digitais disponíveis na internet, coleções de referência (xilotecas, acervos e centros de pesquisa brasileiros), entre outros dados de interesse. Assim, qualquer que seja o local onde se faça o reconhecimento e os meios à disposição do público interessado, é necessário ter consciência que somente a combinação de diversos indícios convenientemente selecionados garantirá uma boa identificação. Nesse sentido, vale lembrar que, o nível de conhecimento básico, uma excelente memória visual, boa prática, exercício e treinamento constantes, consulta a acervos e coleções de referência e a especialistas no assunto, auxiliarão, de forma significativa, no aprimoramento desse conhecimento e, conseqüentemente, melhor desempenho no processo de reconhecimento e identificação das inúmeras espécies

madeiras empregadas comercialmente e/ou em circulação em todo território nacional.

Identificação de madeiras: macro e microscópicas

Segundo Normand (1972), a identificação de madeiras tropicais é uma arte. Isso quer dizer que ela exige mais do que uma representação consciente e metódica de suas particularidades estruturais, essa necessita de um aprendizado apropriado, visando adquirir uma habilidade técnica.

Em geral, a identificação de madeiras por práticas populares é realizada levando-se em consideração somente as características organolépticas da madeira, envolvendo, neste caso, uma ou mais características de valor diagnóstico (ex.: cor, cheiro, densidade, etc.). Essas características, por serem bastante variáveis e, também, devido à semelhança das mesmas em diferentes madeiras, em muitos casos, não levam à identificação correta do material. Acrescido a isso, a subjetividade dessa avaliação com base exclusiva nessas propriedades, reforçam a necessidade de utilizá-las como complemento e nunca de forma separada das observações anatômicas tradicionais. Segundo Zenid e Ceccantini (2007), o exemplo disso é a análise dos resultados de identificação de madeiras amazônicas realizada pelo IBDF (IDENTIFICAÇÃO..., 1985), onde se verificou que muitas madeiras foram identificadas de forma errônea, por produtores ou consumidores, pelo fato de elas apresentarem cor e densidade semelhantes.

Outra forma equivocada de se identificar a madeira e, infelizmente, muito utilizada no meio técnico, mas, também, como prática corriqueira nos inventários florestais, e que geram o erro de identificação desde o campo com consequências ao manejo florestal (Hopkins e Silva, 2003; Lacerda e Nimmo, 2010) consiste na busca na literatura do nome científico

correspondente a um determinado nome popular pelo qual a madeira foi informada e/ou adquirida. Tendo em vista que estas denominações populares são muito variáveis de região para região e mesmo dentro de uma determinada comunidade, frequentemente, ocorrem graves erros, podendo afetar a viabilidade de um empreendimento com prejuízos expressivos. Para Ferreira et al. (2004), o uso da nomenclatura vernacular, durante a comercialização de madeiras, é um problema sério que merece mais atenção das instituições de pesquisa e de fiscalização. Segundo Ferreira e Hopkins (2004), o problema central no processo de identificação é o uso inconsistente de nomes vulgares em que os mesmos não correspondem a uma única espécie.

Na identificação macroscópica de madeiras, são observadas as características que requerem pouco ou nenhum aumento para sua avaliação. Este método, em comparação à identificação microscópica, tem a vantagem de requerer instrumentos simples, ser mais prático e rápido, podendo ser executado em qualquer lugar. Esse procedimento permite a identificação da maioria das madeiras comerciais conhecidas atualmente no país. No entanto, a mesma pode ser restritiva quando há necessidade de uma avaliação mais detalhada da estrutura anatômica, como no caso de espécies florestais pouco conhecidas, muito similares e/ou apresentando maior grau de dificuldade no reconhecimento de sua madeira. Também é bom lembrar que essas observações podem ser limitadas, em muitos casos, quando se deseja uma identificação botânica segura em nível específico, restringindo-se, nesses casos, a determinação do gênero ao qual pertence a madeira. Isso pode ocorrer, sobretudo, com espécies madeireiras pertencentes a grupos botânicos que apresentam maior complexidade e/ou similaridade estrutural, dificultando sua diferenciação no nível macroscópico. De qualquer forma, a prática e experiência do observador serão determinantes nesse processo de reconhecimento e identificação.

As características macroscópicas podem ser reunidas em dois grupos distintos: as organolépticas e as anatômicas. As características organolépticas ou sensoriais englobam: cor, brilho, odor, gosto, grã, textura, densidade, dureza e desenhos da madeira. Por sua vez, as características anatômicas reúnem aspectos relacionados aos anéis de crescimento (ou camadas de crescimento), bem como a forma, tamanho ou distribuição de elementos celulares, como: vasos (ou poros), parênquima axial e raios parenquimáticos. Essa observação se processa normalmente à vista desarmada (a olho nu) ou com uso de uma lupa (conta-fios) ou lente com aumento de 10 vezes.

Por ocasião da identificação microscópica, são observadas as características e particularidades dos tecidos e das células constituintes do xilema secundário (lenho), frequentemente, definidas previamente no exame macroscópico, mas não podem ser devidamente analisadas sem o uso de microscopia óptica. Nesse nível de observação, são considerados aspectos do lenho, como: tipos de pontuações (ex.: intervasculares: contato entre vasos; raio-vasculares: entre raios e vasos; parênquima-vasculares: entre parênquima axial e vasos), tipo de ornamentação das paredes celulares (espessamentos, idênturas, etc.), composição celular dos raios parenquimáticos, dimensões celulares, presença de inclusões inorgânicas (cristais, sílica), entre outras características importantes para identificação e utilização da madeira.

Ainda que seja um método mais seguro de observação e análise, esse procedimento microscópico é, por sua vez, relativamente demorado e mais custoso do que o macroscópico, exigindo a preparação de material histológico (ex.: lâminas permanentes ou temporárias), a utilização de produtos químicos e, conseqüentemente, de pessoal treinado com experiência em práticas de laboratório e de microtécnica, envolvendo o conhecimento dos recursos, métodos e procedimentos de

preparação de secções histológicas de madeira, além do uso de equipamentos mais sofisticados de microscopia.

Obviamente, a utilização de um processo ou outro, ou sua aplicação simultânea, dependerá das condições existentes em seu local de trabalho ou de atuação profissional, bem como, da habilidade e capacitação do profissional. A grande diversidade de espécies existentes, notadamente em regiões tropicais e subtropicais, faz da identificação anatômica de madeiras uma tarefa relativamente complicada. Assim, a título de recomendação, é de fundamental importância que, qualquer que seja o tipo de identificação (macro ou microscópica), o observador tenha a sua disposição uma coleção de madeiras onde os exemplares existentes sejam rastreáveis às amostras-padrão disponíveis em acervos institucionais (xilotecas) ou laboratórios especializados. No que concerne ao material de acervo, é imprescindível que, na medida do possível, essas amostras-padrão provenham de árvores corretamente identificadas do ponto de vista botânico (com rastreabilidade, registro de coleta, nome do coletor, material botânico “exsicatas”, etc.). Do contrário, que tenham sido, ao menos, identificadas anatomicamente por um laboratório confiável e com pessoal capacitado.

Além dos estudos anatômicos do lenho, alguns trabalhos têm demonstrado a possibilidade de se utilizar também a estrutura anatômica da casca na identificação de madeiras de diversas espécies arbóreas. Entretanto, na prática, sua aplicação voltada à identificação de espécies madeireiras tem sido relativamente reduzida, em comparação ao avanço obtido com os estudos anatômicos do lenho.

Devido à crescente demanda por estudos e identificação de madeiras, os anatomistas e especialistas em madeiras têm procurado desenvolver outros métodos auxiliares, buscando

diminuir as dificuldades, como: (i) a publicação de manuais ilustrados de madeiras, (ii) a elaboração de chaves dicotômicas de identificação, (iii) a ampliação das bases de dados eletrônicos com imagens digitalizadas de madeiras, etc. Ainda que não sejam abordados de forma detalhada no presente documento, cabe mencionar também a existência de uma gama de métodos, não necessariamente anatômicos, que podem auxiliar na identificação de madeiras, como: o uso de fluorescência do extrato aquoso ou etílico, testes com cromoazurol e de saponina, espectroscopia do infravermelho próximo (NIR), entre outros mencionados em vasta literatura.

Planos de corte ou de observação

Tratando-se de um organismo heterogêneo constituído por células dispostas e organizadas em diferentes orientações, o aspecto da madeira varia de acordo com a face de corte ou de observação (Burger e Richter, 1991). A explicação desta diferença de aspecto está associada à organização da madeira, na qual os seus elementos estão orientados paralelamente ou perpendicularmente a um eixo de simetria. Temos, assim, três planos de referência:

Direção transversal (X): aquela perpendicular ao eixo do caule. Um corte neste plano fornece uma seção transversal ao eixo da árvore, correspondendo à seção transversal (ou de topo) de um tronco ou peça de madeira;

Direção longitudinal radial (R): aquela orientada segundo os raios em seção transversal. Paralela aos raios ou perpendicular ao limite dos anéis de crescimento, em um plano de corte passando pela medula;

Direção longitudinal tangencial (T): aquela tomada tangencialmente em relação ao limite dos anéis de

crescimento, ou perpendicular à direção dos raios, sendo esta, paralela ao eixo do caule (tronco).

A Figura 1 representa esses três planos de corte destinados às observações macroscópicas e microscópicas da madeira.

Foto: Paulo Cesar Botosso



Figura 1. Representação esquemática de uma secção de tronco, mostrando os planos de corte e/ou de observação: X – transversal, R – longitudinal radial, T – longitudinal tangencial.

Com o auxílio desses planos de observação (Figura 1), é possível reconstituir, tridimensionalmente, a arquitetura da estrutura anatômica da madeira. Além da aparência, também o comportamento físico-mecânico da madeira difere em cada um destes três sentidos, sendo a madeira, por essa peculiaridade, considerada um material anisotrópico. Quaisquer que sejam as

técnicas de análise anatômica empregadas para compreender a estrutura de uma madeira, é fundamental se esforçar no sentido de interpretá-la no espaço e, em um exercício de visualização tridimensional, compreender como se organizam esses diferentes elementos celulares (tecidos), separadamente, em cada um desses planos de observação (Figura 2).

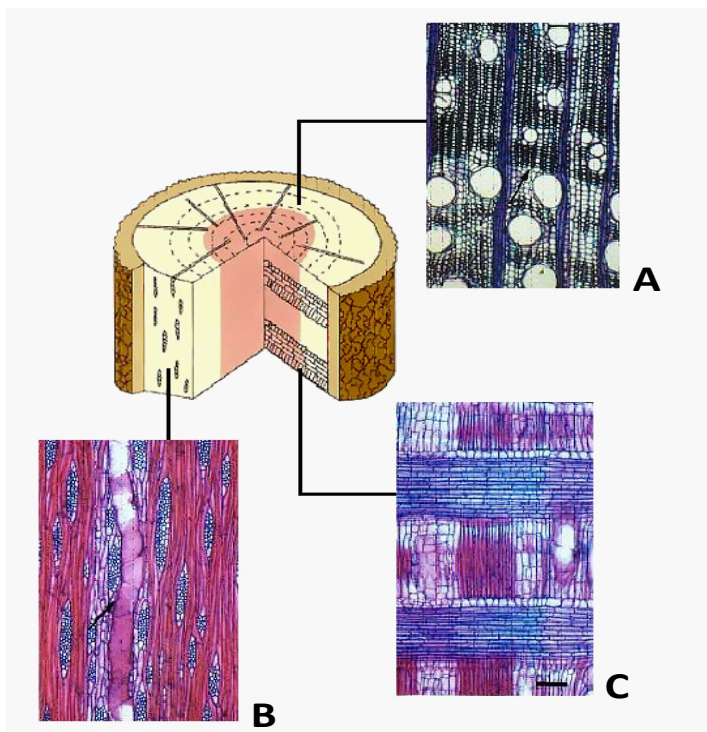


Figura 2. Representação esquemática de um tronco, mostrando aspectos microscópicos da madeira de tarumã (*Citharexylum myrianthum* Cham., Verbenaceae) nos três planos de observação. A) Seção transversal mostrando um anel de crescimento e a nítida separação entre os lenhos inicial e tardio; B) Seção longitudinal tangencial mostrando elementos vasculares curtos (vaso), largura e altura dos raios e parênquima axial; C) Seção longitudinal radial mostrando a composição dos raios e o parênquima axial.

Fonte: Appenzato-da-Glória B.; Carmelo-Guerreiro, S. M. (Eds). 2. ed. atual. **Anatomia Vegetal**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 438 p. (com CR-Rom).

Características para a identificação macroscópica

As características anatômicas da madeira empregadas neste documento foram estabelecidas a partir de algumas publicações específicas voltadas ao reconhecimento e identificação de madeiras (NORMAND, 1972; DETIENNE; JACQUET, 1983; BURGER; RICHTER, 1991; IBAMA 1992; ZENID; CECCANTINI, 2007), sendo que informações adicionais poderão ser obtidas em vasta literatura existente, listada no item Referências Bibliográficas Citadas e Recomendadas. Foi empregada a terminologia adotada pela Associação Internacional de Anatomistas de Madeira foi empregada (IAWA, 1964), seguindo-se, também, a nomenclatura específica para madeiras de Folhosas (IAWA, 1989) e de Coníferas (IAWA, 2004).

Características organolépticas

São chamadas de propriedades organolépticas, as características de uma substância que podem ser percebidas pelos sentidos humanos (visão, audição, paladar, tato e olfato), sem a necessidade do uso de qualquer instrumental óptico. No caso da madeira, as principais características observadas estão relacionadas à cor, ao odor, ao gosto, à textura, ao brilho, à grã e à sua densidade aparente. A existência de diferenças de sensibilidade entre os observadores é um aspecto muito importante a ser considerado ao se analisar essas características da madeira dada à subjetividade na sua avaliação.

Ainda que essas propriedades possam ser úteis no processo de reconhecimento e identificação de madeiras, alguns cuidados, no entanto, devem ser tomados. Em hipótese alguma, devemos cheirar e/ou provar madeiras tratadas ou produtos derivados de madeira que possam conter substâncias desconhecidas, pois não sabemos que mal podem nos fazer e, mesmo que saibamos do que se trata, não conhecemos sua pureza nem sua esterilidade (pode estar biologicamente contaminado).

Cor do cerne

Em geral, em muitas espécies arbóreas adultas a porção mais interna do tronco, denominada “cerne” destaca-se por sua coloração mais escura e/ou contrastada em relação à parte mais externa (alburno) do tronco. A variação da cor natural da madeira ocorre pela impregnação de diversas substâncias orgânicas nas células e nas paredes celulares (ex.: tanino, resinas, etc.), depositadas de forma mais acentuada no cerne. Alguns destes produtos são tóxicos para fungos, insetos e agentes marinhos xilófagos, razão pela qual, frequentemente, madeiras de cores escuras apresentam maior durabilidade natural.

A avaliação da cor da madeira deve sempre ser observada em superfície longitudinal tangencial do cerne, exposta recentemente, uma vez que muitas madeiras podem ter sua coloração alterada em decorrência da oxidação de componentes orgânicos contidos no lenho, quando exposto ao ar e/ou à luz.

Para a observação da coloração, a madeira deve ser raspada com faca, grossa ou lixa. As categorias de cores de madeira normalmente observadas são: esbranquiçada, amarelada, avermelhada, acastanhada, parda, enegrecida e arroxeada (Tabela 1). Eventualmente, também podem ser observadas madeiras de outras cores, como o verde (palo-santo, *Bulnesia sarmientoi*, Zygophyllaceae) ou com várias cores, com um padrão rajado (angelim-rajado, *Marmaroxylon racemosum* Fabaceae). Pela subjetividade dessa avaliação, a utilização exclusiva desse critério na identificação de madeiras é bastante limitada, podendo acarretar em erros, no caso, de quando se avaliam peças de madeira desprovidas da parte central correspondente ao cerne.

Tabela 1. Exemplos de coloração de madeiras.

Coloração	Madeira
Esbranquiçada	Virola, <i>Virola surinamensis</i>
Amarelada	Marupá, <i>Simarouba amara</i>
Avermelhada	Pau rainha, <i>Brosimum paraense</i> Pau-brasil, <i>Caesalpinia echinata</i>
Acastanhada	Jatobá, <i>Hymenaea courbaril</i>
Parda	Imbuia, <i>Ocotea porosa</i>
Enegrecida	Braúna, <i>Melanoxylon brauna</i>
Arroxeadada	Pau-roxo, <i>Peltogyne catingae</i>

Modificado de Zenid e Ceccantini (2007).

Gosto

O gosto é uma característica útil para a confirmação da identidade de algumas madeiras. No entanto, o gosto e o cheiro são propriedades intimamente relacionadas por se originarem das mesmas substâncias. Na prática, apenas e excepcionalmente o sabor contribui para a identificação e distinção de espécies. Para avaliá-lo, devem-se remover algumas raspas e/ou pequenas lascas da madeira, mastigando-as e posicionando-as em várias partes da língua.

Algumas espécies brasileiras apresentam gosto característico, como o amargo do angelim-amargoso (*Vatairea guianensis*, Fabaceae), como salienta o próprio nome comum; do marupá (*Simarouba amara*, Simaroubaceae); da peróba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*, Apocynaceae), etc. Madeiras com elevado teor de tanino apresentam, em geral, sabor amargo. Outras espécies madeireiras podem possuir gosto adocicado, como é o caso do araribá (*Centrolobium tomentosum*, Fabaceae). Conforme recomendação inicial, esta característica obviamente só deve ser avaliada se houver certeza de que a madeira ou produto derivado não recebeu nenhum tipo de tratamento químico.

Odor

O odor da madeira é uma característica difícil de ser definida. Essa característica deve ser verificada preferencialmente em amostras secas, em superfícies recém expostas ao ar e/ou à luz, devido à volatilidade de certas substâncias e que se encontram principalmente nas partes mais internas do tronco (cerne). No entanto, o mesmo pode ser realçado, raspando-se, cortando-se e/ou umedecendo a madeira já seca.

O odor pode ser classificado como indistinto ou distinto. Quando distinto, o mesmo pode ser agradável, como no caso das madeiras de sassafrás (*Ocotea pretiosa*, Lauraceae), cerejeira (*Amburana cearensis*, Fabaceae), pau-rosa (*Aniba rosaeodora* var. *amazonica* Ducke, sin. *Aniba Duckei* Kostermans, Lauraceae), cedro rosa (*Cedrela odorata*, Meliaceae). Outras madeiras podem apresentar odor desagradável, como no caso da cupiúba (*Goupia glabra*, Goupiaceae) ou de algumas madeiras pertencentes ao grupo das comumente conhecidas “canelas” (gênero *Nectandra*, Lauraceae), o que pode valorizar ou mesmo limitar sua utilização para determinados fins.

Grã

O termo grã refere-se à orientação e ao paralelismo dos elementos celulares verticais constituintes do lenho (xilema secundário) em relação ao eixo principal do tronco da árvore ou peças de madeira. Essa variação natural na orientação e arranjo dos tecidos axiais é decorrente das mais diversas influências ambientais e ecológicas a que estão sujeitas as plantas durante o seu processo de crescimento, originando vários tipos de grãos (direita ou irregulares) (Tabela 2).

Tabela 2. Tipos de grã, sua descrição e exemplos de madeiras onde podem ser encontradas.

Tipos de grã	Descrição	Exemplos
Direita ou normal (linheira ou reta)	Elementos celulares são bem paralelos ao eixo principal do tronco ou peça de madeira	Pinheiro-do-Paraná (<i>Araucaria angustifolia</i>) ^(a) Pinheiro-bravo (<i>Podocarpus lamberti</i>) ^(a)
Irregulares		
Espiral (helicoidal ou torcida)	Orientação espiralada dos elementos axiais em relação ao eixo do tronco	
Entrecruzada (reversa)	Elementos celulares se apresentam orientados em diversas orientações – não paralelas ao tronco – chegando mesmo a ser perpendiculares à face longitudinal da madeira	Cupiúba (<i>Goupia glabra</i>) ^(a) Sucupira (<i>Bowdichia nitida</i>) ^(a)
Ondulada (crespa)	Elementos axiais do lenho alternam constantemente sua orientação, formando desenhos em forma de ondas regulares ao longo do eixo longitudinal	Imbuia (<i>Ocotea porosa</i>) ^(b)
Inclinada, diagonal ou oblíqua	Elementos axiais apresentam desvio angular com respeito ao eixo longitudinal do tronco ou peça de madeira	Louro vermelho (<i>Nectandra rubra</i>) – de direita a diagonal ^(a)

Fonte: ^(a) Mainieri & Chimelo (1989); ^(b) Burger & Richter (1991).

Textura

A textura é o aspecto de uma superfície, que permite identificá-la e distingui-la de outras formas. Assim, quando tocamos ou olhamos para um objeto ou superfície sentimos se a sua superfície é lisa, rugosa, macia, áspera ou ondulada. A textura é, por isso, uma sensação visual ou tátil. No caso específico da madeira, a textura está associada ao efeito produzido pelas

dimensões, distribuição (organização) e porcentagem dos diversos elementos estruturais que compõem o lenho no seu conjunto.

No caso da madeira das angiospermas (ou folhosas), essa característica é determinada, sobretudo, pelo diâmetro dos vasos (poros) e largura dos raios. Já para as gimnospermas (ou coníferas), a textura é determinada pelo maior ou menor contraste (nitidez), espessura e regularidade dos anéis de crescimento. Quando o contraste entre o lenho primaveril (inicial) e o lenho outonal (tardio) é bem marcante, a madeira apresenta-se de constituição heterogênea e pode ser dita de textura grossa (ex.: *Pinus elliottii*, Pinaceae). Ao contrário, se o contraste for pouco evidente ou indistinto, a sua superfície será uniforme e sua textura fina, como no caso da madeira do pinheiro-bravo (*Podocarpus lambertii*, Podocarpaceae). Ainda que possa ser sentida visualmente, a delimitação precisa deve ser feita com microscópio. As opções de textura são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Tipos de textura, sua descrição e exemplos de madeiras onde podem ser encontradas.

Tipos de textura	Descrição	Exemplo (Folhosas)
Textura fina	Elementos de pequenas dimensões, conferindo superfície homogênea e lisa; madeiras com vasos e parênquima axial não visíveis a olho nu; vasos com diâmetro inferior a 100 μm (micrômetros)	Pau marfim (<i>Balfourodendron riedelianum</i> Rutaceae) Pau amarelo (<i>Euxylophora paraensis</i> , Rutaceae)
Textura média	Madeiras com vasos visíveis a olho nu, parênquima axial variável; vasos com diâmetro entre 100 e 300 μm	Jequitibá-rosa (<i>Cariniana legalis</i> , Lecythidaceae) Andiroba (<i>Carapa guianensis</i> , Meliaceae)
Textura grossa	Madeiras com vasos visíveis a olho nu, com diâmetro maior que 300 μm , ou parênquima muito abundante, ou raios parenquimáticos de grandes dimensões	Carvalho (<i>Quercus</i> sp., Fagaceae) Louro faia (<i>Roupala</i> sp., Proteaceae) Acapu (<i>Vouacapoua americana</i> , Fabaceae) Sucupira-parda ou preta (<i>Bowdichia virgilioides</i> , Fabaceae)
Textura fibrosa	Madeiras de textura grossa e parênquima abundante nas quais existe um contraste de coloração em que as fibras são escuras e o parênquima axial é claro	Angelim (<i>Hymenolobium</i> sp., Fabaceae)

Brilho

Inúmeras madeiras apresentam brilho natural, ou seja, a capacidade de refletir luz incidente. Esta característica está relacionada tanto com a orientação dos elementos celulares como com a presença de extrativos (resinas, óleos) no cerne.

A sua importância é principalmente de ordem estética, podendo ser acentuada artificialmente por processos de polimento ou acabamentos superficiais (uso de vernizes, seladores, etc.). Contudo, sua aplicação é praticamente irrelevante, do ponto de vista da identificação e distinção de madeiras.

O brilho deve ser observado sempre em superfície longitudinal do cerne livre de verniz ou cera, sendo que a face longitudinal radial é sempre a mais reluzente pelo efeito “espelhado” das faixas horizontais dos raios.

Densidade de massa

A massa específica da madeira (ou densidade) é uma propriedade física de grande interesse e importância na área de tecnologia da madeira, pois dela dependem suas propriedades tecnológicas. Contudo, como o peso é uma das características sensoriais percebidas pelo ser humano, pode ser bastante útil e de grande valor na identificação e distinção de madeiras, mesmo sem a sua mensuração precisa por parte do observador. Para a identificação macroscópica de madeiras, a denominação usada popularmente de “peso da madeira”, classificando-as em “leves” e “pesadas”, já é bastante útil. Ex.: madeira de baixa densidade (“leve”), balsa (*Ochroma lagopus*, Malvaceae), cedrinho (*Erismia uncinatum*, Vochysiaceae); madeira de alta densidade (“pesada”), jatobá (*Hymenaea courbaril*, Fabaceae), maçaranduba (*Manilkara huberi*, Sapotaceae).

A variação natural de peso em madeiras de iguais dimensões reflete a quantidade de matéria lenhosa por unidade de volume ou a quantidade de espaços vazios nelas existentes, sendo que a presença de inclusões e conteúdos como gomo-resina, cristais, sílica, etc., quando em grande proporção, podem aumentar o peso da madeira (BURGER; RICHTER, 1991).

Características anatômicas macroscópicas

As características anatômicas macroscópicas são aquelas observáveis a olho nu ou com auxílio de uma lupa de 10 aumentos (ex.: lupa conta-fios, lupa de mão) (Figura 3A), após o polimento superficial, em seção transversal, da peça de madeira (amostra) (Figura 3B), utilizando-se de uma lâmina bem afiada (estilete, navalha ou faca) (Figura 3C), até a obtenção de uma superfície transversal suficientemente nítida para essa observação. Assim, muitos aspectos anatômicos da madeira de valor diagnóstico para sua identificação podem ser constatados através da análise macroscópica. As características anatômicas utilizadas estão associadas à forma, ao tamanho ou à distribuição dos elementos celulares: vasos, raios parenquimáticos e parênquima axial.

Foto: Paulo Cesar Botosso

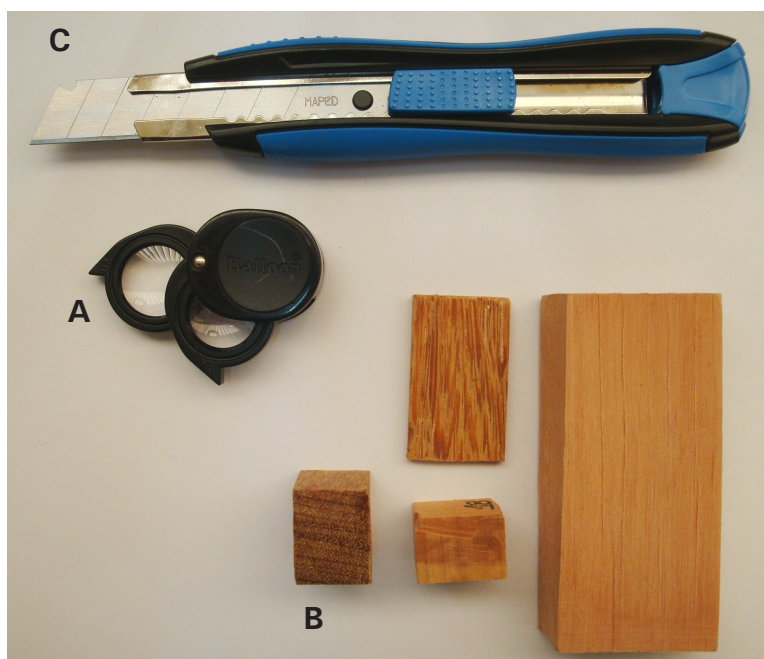


Figura 3. Material utilizado no reconhecimento de madeiras. A) lupa conta-fio (10x); B) amostras de madeira de diferentes tamanhos; C) navalha e/ou lâmina afiada.

Vasos

Os vasos são estruturas que ocorrem, salvo raras exceções, em todas as angiospermas, constituindo o principal elemento de diferenciação entre coníferas (gimnospermas) e folhosas (angiospermas). São elementos celulares normalmente axiais, formando uma estrutura tubiforme contínua de comprimento indeterminado, de diâmetro pequeno a grande (de 20 μm a 500 μm), responsáveis pela condução ascendente de líquidos na árvore. Estes elementos, quando observados em seção transversal na madeira, aparecem como diminutos orifícios de formato circular a elíptico, recebendo, normalmente, o nome de “poros”, sendo seu tamanho, distribuição e abundância aspectos importantes para identificação de madeiras.

Algumas características desses vasos podem ser de grande utilidade para a identificação e distinção de madeiras (distinção, diâmetro, frequência, tipo de porosidade, arranjo, presença de obstruções, agrupamento, etc.), bem como para suas propriedades tecnológicas, as quais são apresentados a seguir.

Visibilidade dos vasos

Essa característica está associada ao diâmetro tangencial dos vasos e, obviamente, ao limite de capacidade de cada observador em visualizá-los a olho nu (vista desarmada). Desta forma, quanto à visibilidade, os vasos podem ser:

Distintos a olho nu

Ex.: guapuruvu (*Schizolobium parahyba*, Fabaceae); jacareúba ou guanandi (*Calophyllum brasiliense*, Clusiaceae).

Distintos apenas sob lente (com 10x)

Ex.: peróba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*, Apocynaceae).

Indistintos mesmo sob lente (10x)

Isso geralmente ocorre no caso de ausência de vasos ou de plantas lenhosas de pequeno porte.

Ex.: gimnospermas (coníferas) como: pinheiro-do-Paraná (*Araucaria angustifolia*, Araucariaceae), pínus (*Pinus* sp., Pinaceae), pinheiro-bravo (*Podocarpus sellowii*, *P. lambertii*, Podocarpaceae).

Diâmetro tangencial dos vasos

As medidas podem ser tomadas de forma aproximada, utilizando-se uma escala transparente graduada com os diversos intervalos gravados, posicionando-a entre a lupa de mão (conta-fios) e a superfície transversal da amostra de madeira (ou corpo de prova).

Usualmente, as classes para diâmetro tangencial dos vasos são as seguintes:

Pequenos: $< 100 \mu\text{m}$. Ex.: peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*, Apocynaceae);

Médios: de $100 \mu\text{m}$ a $200 \mu\text{m}$. Ex.: mogno (*Swietenia macrophylla*, Meliaceae);

Grandes: $> 200 \mu\text{m}$. Ex.: sumaúma (*Ceiba pentandra*, Malvaceae).

Frequência dos vasos

Este aspecto está relacionado à abundância de poros (expressa em número de poros/mm²) e constitui em detalhe importante na identificação de madeiras. As medidas podem ser tomadas de forma aproximada, utilizando-se uma escala transparente com

círculos ou quadrados de área conhecida gravados, ou mesmo com um paquímetro digital.

As classes de frequência mais usuais são:

Muito poucos: menos de 5 poros/mm²

Poucos: de 5 a 20/mm²

Numerosos: de 20 a 40/mm²

Muito numerosos: > 40/mm²

Porosidade

A porosidade refere-se ao tipo de dispersão dos vasos, quando observados em seção transversal da amostra de madeira.

Porosidade difusa (Figuras 4A e 4B) – quando os poros (vasos) apresentam-se dispersos de forma aproximadamente uniforme pelo lenho, em seção transversal, independentemente do limite dos anéis de crescimento. Este tipo de porosidade pode ser: uniforme ou não.

Ex.: jatobá (*Hymenaea courbaril*).

Porosidade em anéis – quando os poros (vasos) de maior diâmetro se apresentam dispostos de forma concêntrica no tronco, vistos em seção transversal, sendo os de maior diâmetro localizados no início do período vegetativo (lenho inicial).

Esses anéis podem ser do tipo poroso (circular) ou semiporoso (semicircular):

(i) Anel semiporoso (semicircular; Figuras 4C) – observa-se a presença de poros de maior diâmetro tangencial no lenho inicial e

gradativa diminuição do diâmetro dos poros no lenho tardio (final do anel de crescimento).

Ex.: cedro (*Cedrela fissilis*).

(ii) Anel poroso (circular; Figura 4D) – observa-se a presença de poros de maior diâmetro no lenho inicial e brusca transição com a diminuição do diâmetro dos poros no lenho tardio.

Ex.: Carvalho (*Quercus suber*, *Quercus petraea*, Fagaceae); Robinia (*Robinia pseudoacacia*, Fagaceae); Pau-viola, tarumã (*Cytharexylum myrianthum*, Verbenaceae).

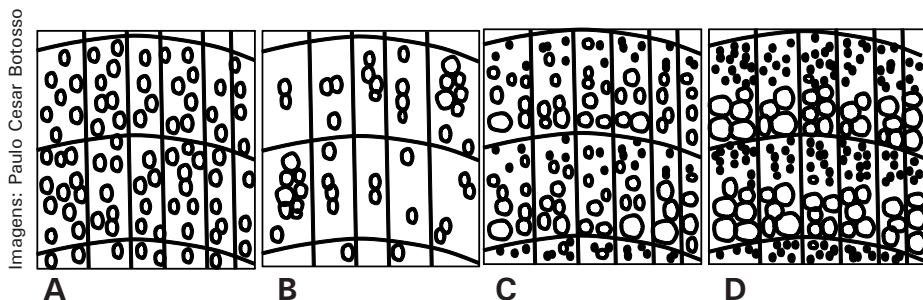


Figura 4. Representações esquemáticas dos tipos de porosidade da madeira. A) difusa uniforme; B) difusa não uniforme; C) Semi-poroso; D) Anel poroso.

Arranjo dos vasos

Os arranjos são distribuições especiais dos vasos, vistos em seção transversal, configurando padrões característicos que, muitas vezes, permite que espécies madeireiras se destaquem pelo padrão especial de arranjo dos poros. Esses tipos podem ser classificados, como:

Tangencial (Figura 5A) – os vasos estão dispostos tangencialmente de forma perpendicular aos raios, mas não constituindo o limite de anéis de crescimento.

Ex.: Guaiuvira (*Patagonula americana*, Boraginaceae); Ulmo (*Ulmus campestris*, Ulmaceae); Carvalho brasileiro (*Roupala brasiliensis*, *Euplassa cantareirae*, Proteaceae).

Radial (Figura 5B) – os vasos estão dispostos, preferencialmente, de forma paralela aos raios e perpendicular aos anéis de crescimento.

Ex.: Itaúba (*Mezilaurus itauba*, Lauraceae); Goiabão (*Pouteria pachycarpa*, Sapotaceae); Pessegueiro bravo (*Prunus sellowii*, Rosaceae).

Diagonal e/ou oblíquo (Figura 5C) – os vasos estão dispostos de forma intermediária entre a posição radial e tangencial, melhor dizendo, preferencialmente de forma oblíqua ou em diagonal. Este padrão é peculiar de alguns eucaliptos (*Eucalyptus* sp., Myrtaceae).

Ex.: Eucalipto (*Eucalyptus regnans*, Myrtaceae); Jacareúba ou guanandi (*Calophyllum brasiliense*, Clusiaceae).

Dendrítico (Figura 5D) – vasos dispostos em faixas ramificadas, oblíquas aos raios, apresentando o aspecto arquitetural de árvores. Este padrão está presente no lenho tardio de certos carvalhos.

Ex.: Carvalho (*Quercus petraea*, Fagaceae); Manteigueira (*Bumelia* sp., Sapotaceae).

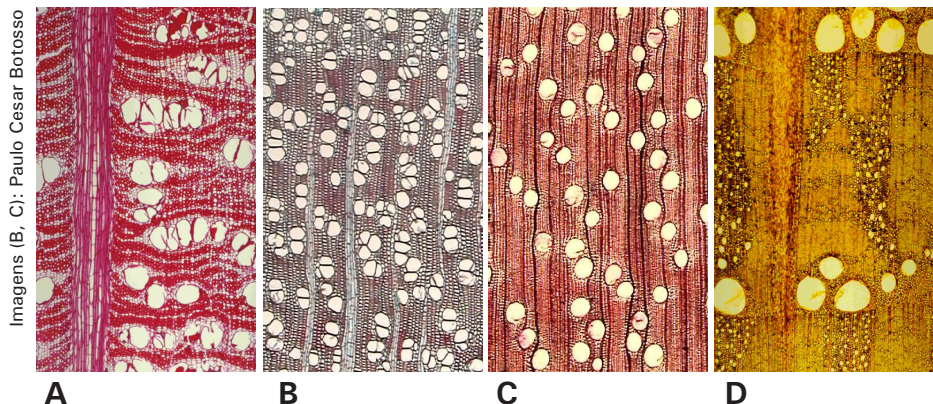


Figura 5. Seção transversal mostrando diferentes arranjos de distribuição dos vasos. A) Tangencial (Carvalho brasileiro – *Roupala brasiliensis*, Proteaceae); B) Radial (Morototó – *Schefflera morototoni*, Araliaceae); C) Diagonal e/ou oblíquo (Eucalipto – *Eucalyptus grandis*, Myrtaceae); D) Dendrítico (Carvalho – *Quercus petraea*, Fagaceae).

Fonte das imagens: A, D – Beeckman, H., Inst.: RMCA, www.metafro.be/xylarium/woodcollection/

Obstrução dos vasos

Além dos aspectos já evidenciados anteriormente, como frequência (poros/mm²), tipo de porosidade e tamanho, a presença de conteúdos obstruindo os vasos e/ou de tiloses (obstrução do lume dos vasos por tilos) são detalhes importantes que auxiliam na identificação de madeiras. Embora não sejam caracteres estruturais, esses conteúdos, genericamente denominados gomo-resinas, têm considerável importância para o reconhecimento, identificação e para as propriedades tecnológicas das madeiras, sendo sua existência típica em determinados grupos botânicos.

Vasos desobstruídos - vasos totalmente livres, sem conteúdo (ou tilos) em seu interior.

Ex.: Faveira (*Parkia pendula*, Leg. Fabaceae).

Vasos obstruídos por inclusões - todos os vasos ou apenas alguns deles da região do cerne estão preenchidos por inclusões orgânicas (ex.: gomas, óleos, resinas ou gomo-resinas, óleo-resinas, etc.). Quando observadas macroscopicamente, essas inclusões podem adquirir colorações amareladas, esbranquiçadas, acastanhadas, entre outras.

Ex.: Ipê (*Tabebuia serratifolia*, Bignoniaceae); Mogno (*Swietenia macrophylla*, Meliaceae); Angelim vermelho (*Dinizia excelsa*, Fabaceae).

Vasos obstruídos por tilos – os vasos localizados, em geral, na região do cerne são obstruídos por paredes de células que se desenvolvem em seu interior, resultado da expansão do conteúdo de células parenquimáticas adjacentes que neles penetram através de pontuações parênquimo-vasculares (Figura 6). Quando observados macroscopicamente, com auxílio de uma lupa de mão, esses tilos aparecem como membranas transparentes brilhantes com coloração clara característica. Os tilos constituem barreiras físicas que podem dificultar a penetração de fungos xilófagos, inclusive sua secagem e tratamentos preservativos, pelo fato de obstruírem a circulação natural de líquidos. Sua presença é típica em gêneros, como: *Platanus*, *Quercus*, *Robinia*, *Populus*, *Carya*, *Castanea*, *Lecythis*, *Astronium*, entre outros.

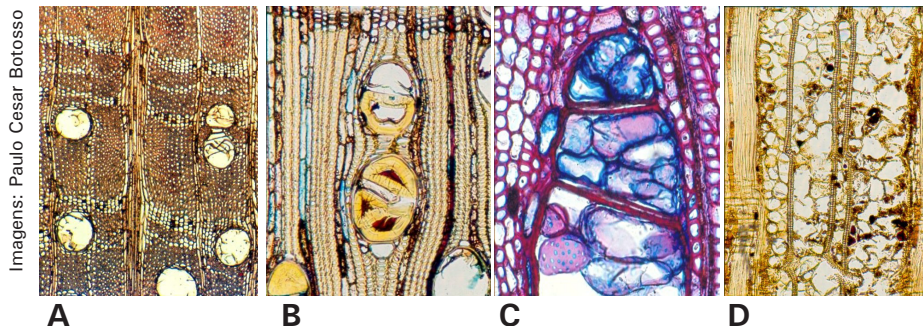


Figura 6. Seção transversal mostrando vasos obstruídos por tilos. A) Cardeiro, (*Scleronema micranthum*, Malvaceae); B) ucuúba-punã (*Iryanthera tricornis*, Myristicaceae); C) Seringueira (*Hevea brasiliensis*, Euphorbiaceae); D) Matamatá, sapucaia cheirosa, tauari (*Eschweilera coriacea*, Sin.: *E. odora*, Lecythidaceae), sendo D em seção longitudinal radial.

Agrupamento dos vasos

As características relacionadas à sua distribuição, abundância, tamanho, bem como os agrupamentos dos poros são características importantes para a identificação de espécies e propriedades tecnológicas da madeira (ex.: densidade, comportamento na secagem, tratamento preservativo, etc.). Os vasos, comumente denominados de poros, quando observados em seção transversal, podem ocorrer de forma isolada ou em agrupamentos múltiplos de dois ou mais (Figura 7).

Quanto ao tipo de agrupamento, os poros podem ser:

Solitários (Figura 7A)

Ex.: Peróba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*, Apocynaceae); Jacareúba (*Calophyllum brasiliense*, Clusiaceae).

Múltiplos de dois (denominados “poros geminados”), três ou mais poros (Figuras 7B a 7D)

Esses podem estar alinhados em séries múltiplas radiais, tangenciais e em agrupamentos racemiformes (em cachos), em número superior a 4 poros.

Ex.: Múltiplos (de 2, 3 poros): mogno (*Swietenia macrophylla*, Meliaceae);

Séries radiais (Figura 7B): Itaúba (*Mezilaurus itauba*, Lauraceae).

Pessegueiro bravo (*Prunus sellowii*, Rosaceae).

Séries tangenciais (Figura 7C): cigarreira, carvalho brasileiro (*Euplassa cantareirae*, Proteaceae), Guaiuvira (*Patagonula americana*, Boraginaceae);

Cachos (ou racemiformes) (Figura 7D): pau-preto (*Auxemma oncocalyx*, Boraginaceae).

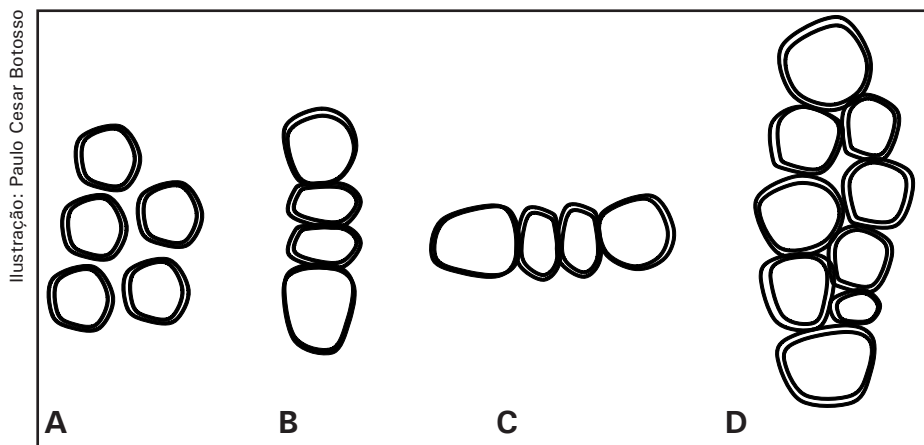


Figura 7. Aspecto dos poros, segundo o seu agrupamento, observado em seção transversal.

Parênquima axial

O parênquima é um tecido composto por células tipicamente isodiamétricas ou paralelipédicas, geralmente cilíndricas ou prismáticas, orientadas paralelamente ao maior eixo da árvore. Esse tecido desempenha as funções de armazenamento de reservas e do metabolismo geral das plantas, sendo normalmente mais abundante nas angiospermas do que nas gimnospermas

e muito raramente ausente em alguns gêneros botânicos das angiospermas (folhosas), como em alguns gêneros da família Flacourtiaceae.

O parênquima axial, quando presente, pode apresentar diversos arranjos distintos que, quando observado em seção transversal do tronco, permite sua classificação conforme o desenho formado. Esse tecido aparece, em geral, com aspecto mais claro, muitas vezes, contrastado, dependendo da sua abundância em relação ao tecido constituído por fibras. Distinguem-se dois tipos básicos de distribuição:

(i) apotraqueal (do grego “*apo*”: longe), quando não associado aos vasos (ou poros);

(ii) paratraqueal (do grego “*para*”: próximo), quando em contato com os vasos (ou poros).

A identificação e o uso dos diferentes padrões de configuração do parênquima axial são essenciais para a identificação de madeiras, sendo que, às vezes, basta o reconhecimento do tipo de parênquima axial para assegurar-se a que família botânica a amostra de madeira pertence. Em geral, a extrema abundância desse tecido parenquimático (axial e radial, ou “raios”) pode conferir à madeira maior leveza, baixa resistência mecânica e pouca durabilidade natural.

Existem inúmeras denominações para designar as diferentes formas com que estes dois tipos básicos (apotraqueal e paratraqueal) aparecem no lenho. Nesse caso, o observador, ao analisar uma amostra de madeira, deve estar atento a essa classificação. Pode haver, nesse caso, a coexistência de dois ou mais tipos de parênquima axial em uma mesma madeira (ex.: vasicêntrico, aliforme, confluyente, terminal, etc.) e, nesse caso, deve-se escolher o padrão mais frequente para caracterizar a amostra de madeira.

- Parênquima axial distinto sob lente (10x)

O parênquima axial, quando analisado macroscopicamente, deve ser avaliado com uma lupa de 10 x.

Nota: Todas as representações esquemáticas apresentadas, a seguir, referentes aos tipos de parênquima axial (Figuras 8A a 21A) foram extraídas de Zenid e Ceccantini (2007).

- Parênquima axial indistinto sob lente

O parênquima axial é considerado indistinto quando não é possível visualizá-lo mesmo com auxílio de uma lupa de dez aumentos (Figura 8). Nesse caso, o parênquima axial pode estar ausente ou presente, mas só é perceptível com o uso de aumentos superiores ou mediante o emprego de microscopia óptica.

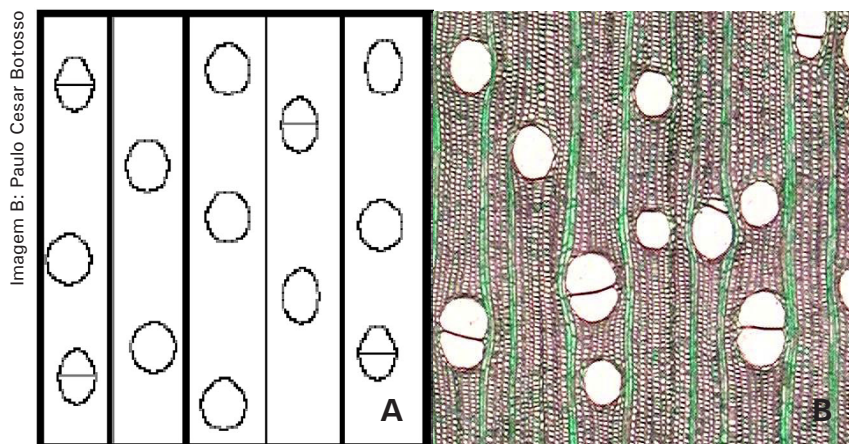


Figura 8. Parênquima axial indistinto. A) representação esquemática; B) Exemplo de madeira: tapiá (*Tapirira guianensis*, Anacardiceae).

Tipos de parênquima axial

- **Parênquima axial apotraqueal:** denominam-se os tipos de parênquima axial que, quando observados em seção transversal, encontram-se organizados de forma não associada aos poros, ou seja, não estão em contato com os poros. Este tipo pode ser: (i) difuso e (ii) difuso em agregados.

(i) **Difuso** – formado de células isoladas, esparsas e distribuídas irregular e aleatoriamente entre as fibras (Figura 9). Às vezes, têm-se dificuldades para sua observação macroscópica, em razão do tamanho diminuto das células e principalmente nas madeiras de coloração clara.

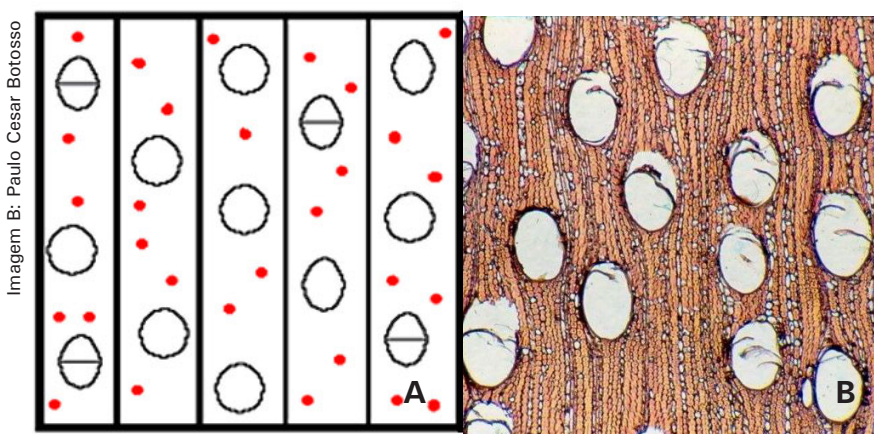


Figura 9. Parênquima axial apotraqueal difuso. A) representação esquemática; B) Exemplo de madeira: cupiúba (*Goupia glabra*, Goupiaceae).

(ii) **Difuso em agregados** – ocorrem agrupamentos ou séries de células isoladas, entre si, irregularmente esparsas no tecido lenhoso e sem formar desenho característico (Figura 10).

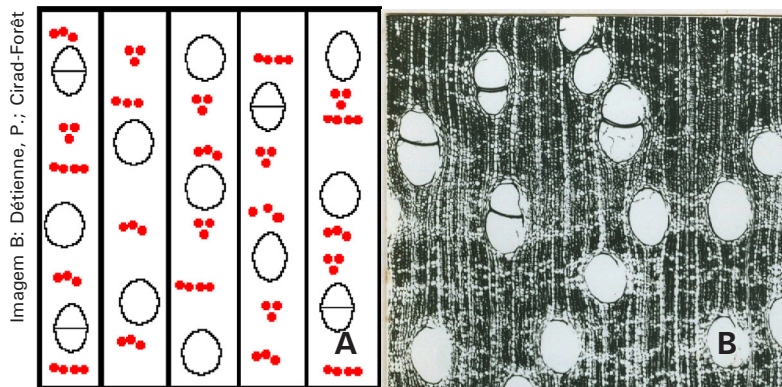


Figura 10. Parênquima axial apotraqueal difuso em agregados. A) representação esquemática; B) Exemplo de madeira: piquiá (*Caryocar glabrum*, Caryocaraceae).

- **Parênquima axial paratraqueal:** ao contrário do tipo apotraqueal, denomina-se aquele em que o parênquima axial, quando observado em seção transversal, encontra-se em contato com os poros.

Este pode ser de classificado em:

Paratraqueal Escasso – as células de parênquima axial estão em contato com os vasos, podendo constituir bainhas incompletas ao redor destes, mas não chegam a circundá-lo completamente (Figura 11). Quando observado sob lupa, este tipo pode ser classificado como indistinto.

Ex.: Angico-preto (*Anadenanthera macrocarpa* Fabaceae);
Andiroba (*Carapa guianensis*, Meliaceae).

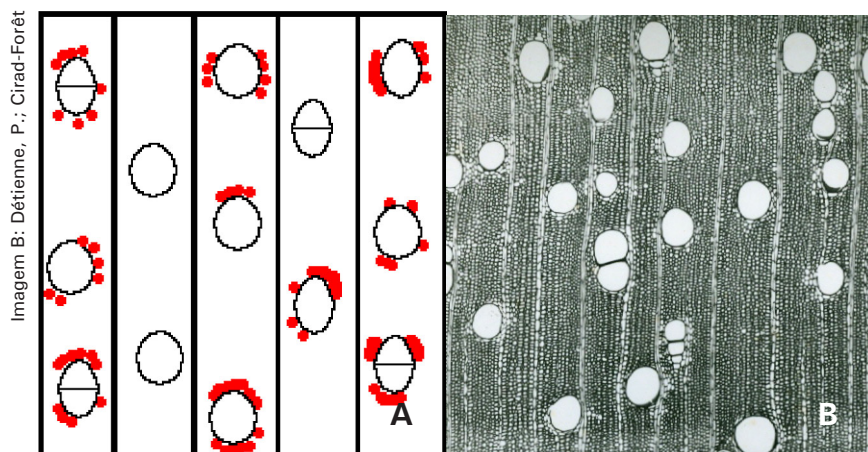


Figura 11. Parênquima axial paratraqueal escasso. A) representação esquemática; B) Exemplo de madeira: andiroba (*Carapa guianensis*, Meliaceae).

Paratraqueal Unilateral – as células de parênquima estão em contato com os vasos, podendo estar limitado ao lado externo (abaxial) ou interno (adaxial) dos vasos, ou seja, voltado para a direção da casca das árvores ou em direção oposta, respectivamente (Figura 12).

Ex.: peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron*, Apocynaceae); araracanga (*A. desmanthum*, Apocynaceae).

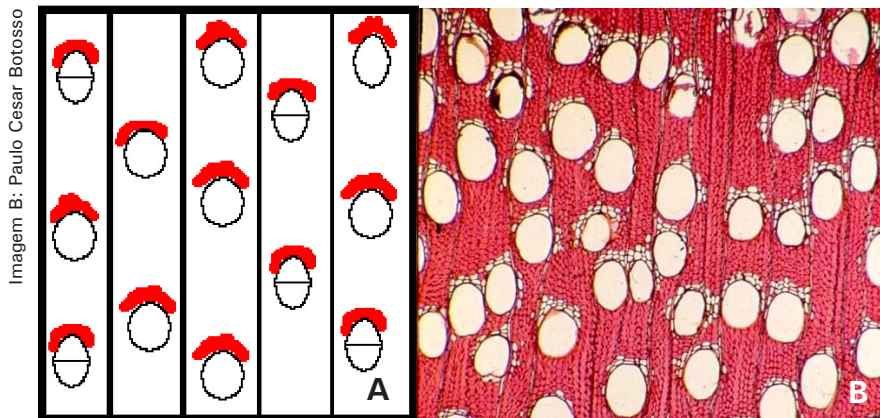


Figura 12. Parênquima axial paratraqueal unilateral. A) representação esquemática; B) Exemplo de madeira: piquiá marfim (*Aspidosperma obscurinervium*, Apocynaceae).

(iii) Paratraqueal Vasicêntrico – as células do parênquima constituem, em torno de cada vaso (poro), uma bainha completa, de largura variável e seção circular ou levemente ovalada ao redor dos vasos (Figura 13).

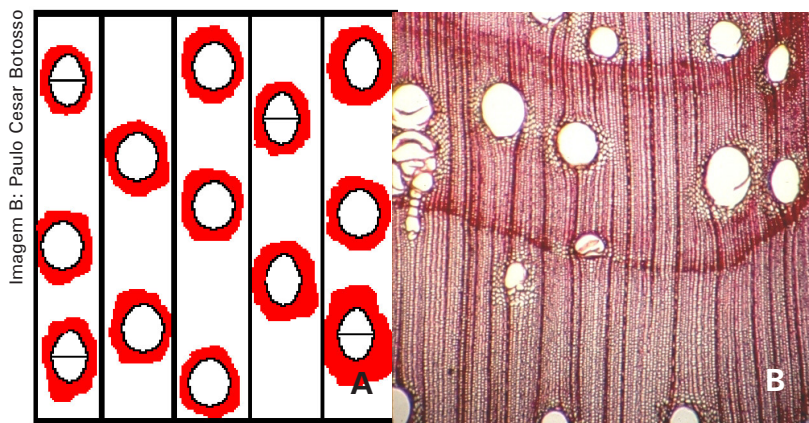


Figura 13. Parênquima axial paratraqueal vasicêntrico. A) representação esquemática; B) Exemplo de madeira: tachi branco (*Tachigali myrmecophila*, Fabaceae).

(iv) Paratraqueal Aliforme – as células desse tipo de parênquima se apresentam, em seção transversal, com expansões laterais formando, como o próprio nome diz: desenhos que têm a forma de asas.

(v) Aliforme losangular – as células do parênquima envolvem completamente os vasos, mas a aréola (ou bainha) apresenta extensões laterais, formando uma figura losangular (Figura 14).

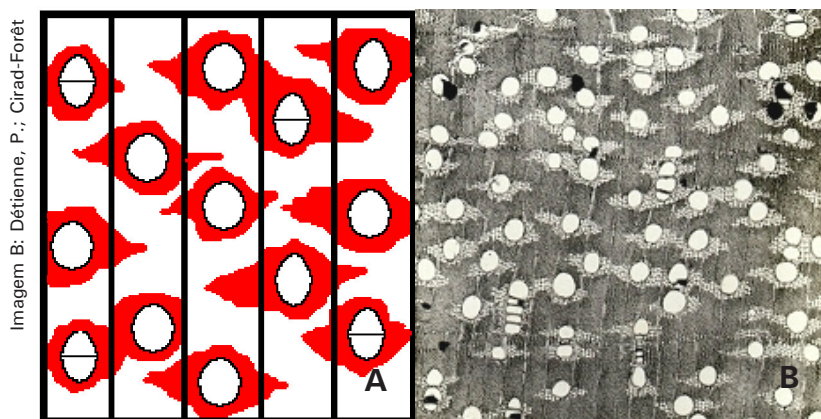


Figura 14. Parênquima axial paratraqueal aliforme losangular. A) representação esquemática; B) Exemplo de madeira: cumaru (*Dipteryx odorata*, Fabaceae).

(vi) Aliforme de extensão linear – as células do parênquima envolvem completamente os vasos (poros), apresentando extensões laterais estreitas e alongadas perpendiculares aos vasos (Figura 15).

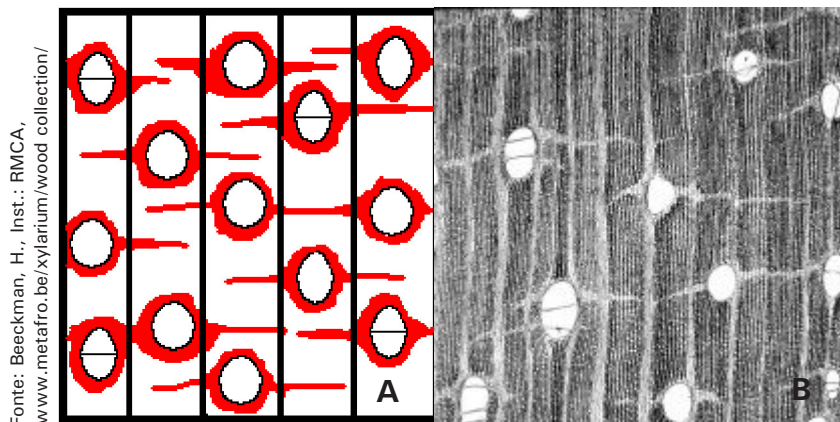


Figura 15. Parênquima axial paratraqueal de extensão linear. A) representação esquemática; B) Exemplo de madeira: marupá (*Simarouba amara*, Simaroubaceae).

(vii) Aliforme Confluente – células do parênquima axial envolvendo dois ou mais vasos, formando faixas irregulares coalescentes tangenciais ou diagonais. Este padrão (Figura 16) pode ser derivado dos tipos vasicêntrico e/ou aliforme, conforme descrições apresentadas anteriormente.

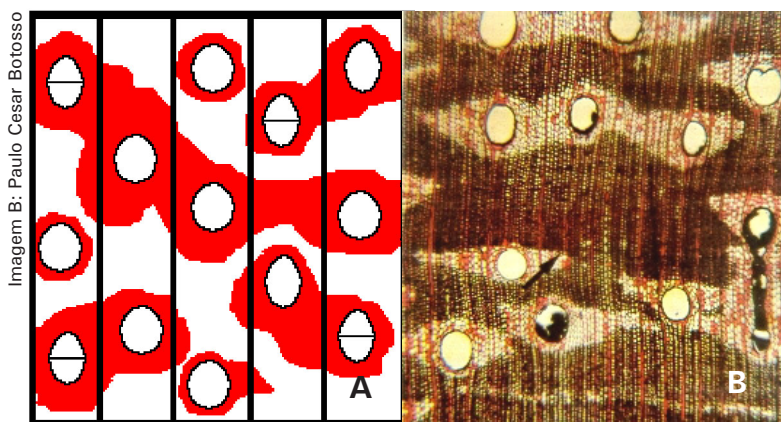


Figura 16. Parênquima axial paratraqueal aliforme confluyente. A) representação esquemática; B) Exemplo de madeira: melanciaira (*Alexa grandiflora*, Fabaceae).

(viii) Parênquima axial em faixas – as células do parênquima aparecem sob a forma de linhas ou faixas concêntricas (*), perpendiculares aos raios, podendo, às vezes, estar em contato (ou envolvendo) ou não com os vasos.

Linhas - disposição em linhas perpendiculares aos raios, irregularmente espaçadas (Figura 17). Ex.: maçaranduba (*Manilkara huberi*), balata (*Manilkara bidentata*), família Sapotaceae.

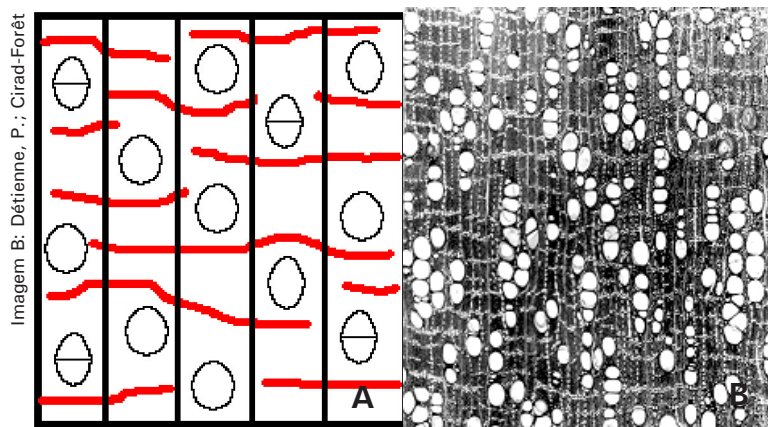


Figura 17. Parênquima axial em linhas. A) representação esquemática; B) Exemplo de madeira: balata (*Manilkara bidentata*, Sapotaceae).

Faixas - disposição em faixas perpendiculares aos raios, irregularmente espaçadas. Ex.: angelim-pedra (*Hymenolobium petraeum* Fabaceae) (Figura 18).

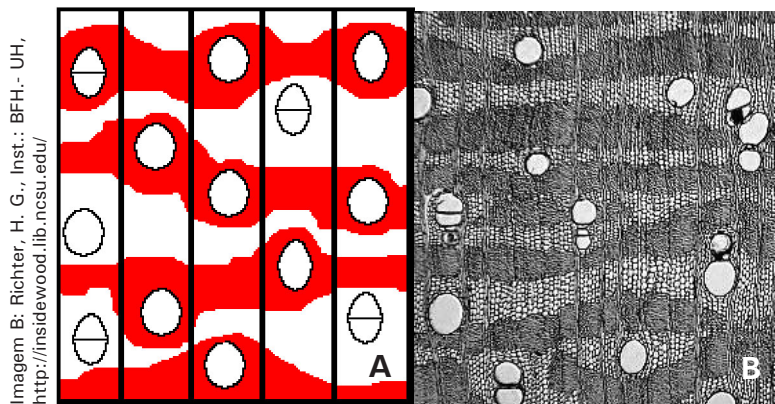


Figura 18. Parênquima axial em faixas. A) representação esquemática; B) Exemplo de madeira: angelim-pedra (*Hymenolobium petraeum* Fabaceae).

(*) **Nota:** Do ponto de vista macroscópico, para diferenciação entre linhas e faixas são definidas como linhas as disposições lineares de parênquima invisíveis a olho nu, enquanto que as faixas são as formações lineares visíveis a olho nu.

(ix) Reticulado – células do parênquima axial estão dispostas em linhas ou faixas tangenciais contínuas, regularmente espaçadas e com aproximadamente a mesma largura com relação aos raios (Figura 19), formando com os raios um desenho com o aspecto reticulado. A distância entre raios é aproximadamente igual à distância entre as faixas de parênquima.

Ex.: sapucaia (*Lecythis pisonis*), castanheira (*Bertholletia excelsa*), jequitibá rosa (*Cariniana legalis*), jequitibá branco (*C. estrellensis*), tauari (*Cariniana integrifolia*, *Couratari guianensis*),

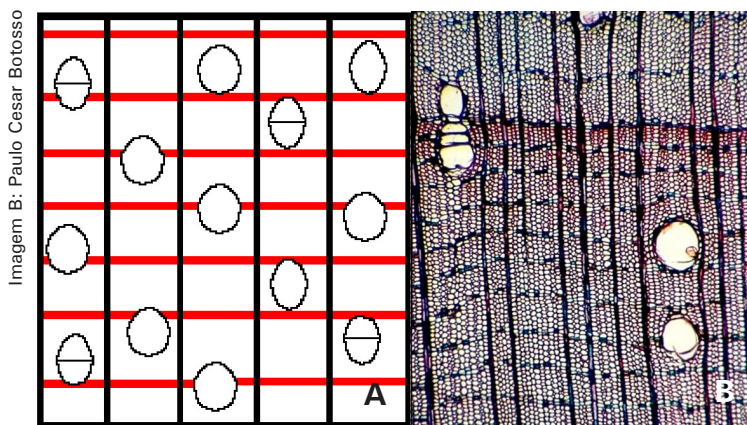


Figura 19. Parênquima axial reticulado. A) representação esquemática; B) Exemplo de madeira: tauari (*Cariniana integrifolia*, Lecythidaceae).

(x) Escalariforme – as células do parênquima estão dispostas em linhas ou faixas perpendiculares aos raios, regularmente espaçadas, formando com os raios um desenho com aparência de uma escada (Figura 20). A distância entre os raios é superior à distância entre as faixas de parênquima axial.

Ex.: Pindaíba (*Xylopia brasiliensis*, Annonaceae), envira, embira branca (*Xylopia aromatica*), *Onychopetalum* sp., e a maioria das Annonaceae (IAWA, 1989).

No caso das Proteaceae os “degraus” da escada são curvos dando um aspecto de teia de aranha (ex.: carvalho brasileiro (*Roupala brasiliensis*) (Figura 5A).

(*) Nota: Pode haver uma mescla dos padrões escalariforme e reticulado em uma mesma madeira, prevalecendo, nesse caso, o padrão mais frequente.

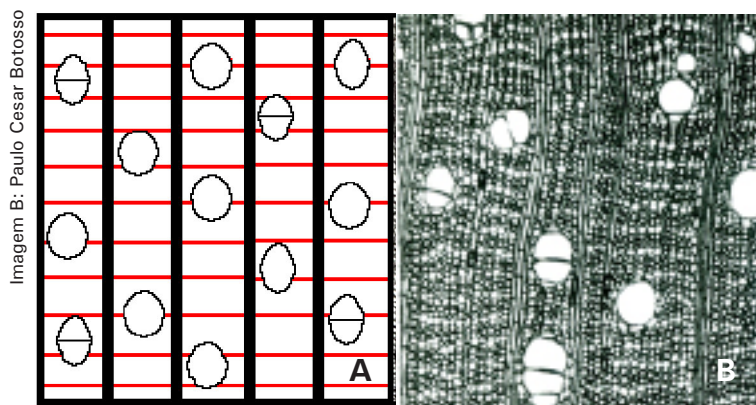


Figura 20. Parênquima escalariforme. A) representação esquemática; B) Exemplo de madeira: araticum (*Annona glabra*, Annonaceae).

(xi) Marginal – as células de parênquima estão dispostas em faixas perpendiculares aos raios, com espaçamento regular, formando camadas mais ou menos contínuas de largura variável que demarcam os anéis de crescimento (Figura 21). O termo marginal inclui os tipos de parênquima terminal e inicial.

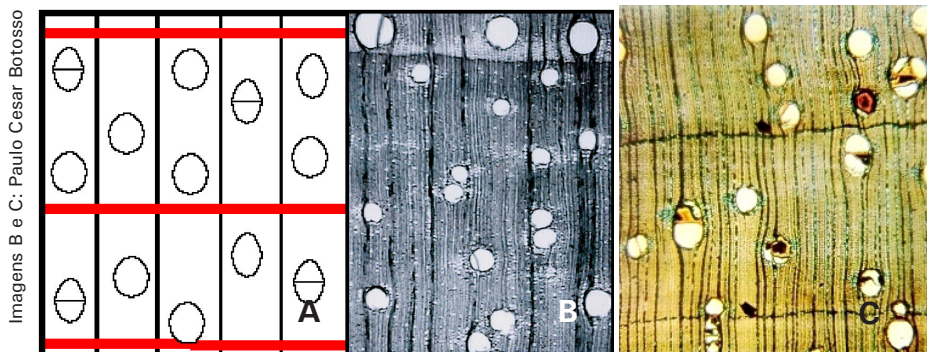


Figura 21. Parênquima marginal. A) representação esquemática; B) Exemplos de madeiras: cedro (*Cedrela fissilis*, Meliaceae); C) Ucuúba-punã (*Iryanthera tricornis*, Myristicaceae).

Parênquima radial, raios parenquimáticos (raios)

Os raios parenquimáticos, parênquima radial ou, como são comumente denominados “raios”, a exemplo do parênquima

axial, apresentam atividade metabólica similar, desempenhando as funções de armazenamento, transformação e condução de substâncias nutritivas no interior das árvores. Os raios parenquimáticos são faixas de células dispostas horizontalmente, alongadas e de comprimento indeterminado, orientando-se do centro (região próxima à medula) para a periferia da árvore (em direção a casca). Os raios apresentam uma riqueza de detalhes e de variações morfológicas com grande valor diagnóstico para a anatomia e identificação de madeiras. Contudo, muitos desses aspectos somente podem ser analisados com uso de microscopia óptica.

Na identificação macroscópica (*), os mesmos são observados mais facilmente nos planos transversal e tangencial da madeira. No entanto, sua visualização, nesse nível de observação, em geral, só é possível a olho nu quando são muito altos, e de largos a extremamente largos, como no caso de carvalho (*Quercus* spp.), erva mate (*Ilex paraguariensis*, Aquifoliaceae), louro faia (*Roupala* sp., Proteaceae), entre outras. Para a identificação macroscópica, não se faz, em geral, a medição precisa da altura dos raios, mencionando-se apenas a presença de raios maiores que os seguintes limites de altura:

Altura dos raios

Raios com altura > 1 mm: Ex.: freijó (*Cordia trichotoma*, Boraginaceae);

Raios com altura > 10 mm: Ex.: louro-faia (*Roupala brasiliensis* Proteaceae), carvalho (*Quercus* spp., Fagaceae).

(*) Nota: Para a maioria das madeiras de gimnospermas (coníferas), a observação macroscópica dos raios é bastante dificultada em razão de suas dimensões (altura e largura) serem, em geral, relativamente reduzidas para análise “macro”, exigindo, frequentemente, a sua observação microscópica.

Visibilidade dos raios

Indistintos: quando a observação é impossível de ser realizada a olho nu ou com lupa de 10x, exigindo o emprego de microscópio óptico.

Distintos: os raios podem ser distintos:

- Distintos a olho nu

Ex.: carne-de-vaca (*Roupala brasiliensis*), carvalho (*Quercus* sp.);

- Distintos apenas sob lente (10x)

Ex.: peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*).

Estrutura estratificada

Espécies consideradas evoluídas podem apresentar os elementos celulares axiais organizados, formando faixas horizontais regulares ou estratos. A presença dessa estratificação, normalmente observada macroscopicamente em seção tangencial, é de grande importância no reconhecimento e identificação de determinados grupos botânicos.

A estratificação pode limitar-se a alguns elementos estruturais do lenho (estratificação parcial), como exemplo, somente raios ou parênquima axial, ou estender-se a todos os elementos celulares (estratificação total) da madeira.

O efeito visual dessa estratificação pode ser evidenciado macroscopicamente, apresentando-se, em geral, como listras horizontais (perpendiculares ao eixo da planta), dando ao observador a aparência de estratos (ou degraus), devido ao posicionamento, no mesmo nível, das estruturas celulares (ex.: raios, vasos, parênquima axial e/ou fibras).

Em certos casos duas ou mais dessas estruturas podem estar estratificadas, mas esta observação torna-se difícil do ponto de vista macroscópico. Nesse nível de análise, é usual a observação da estratificação formada pelos raios e parênquima axial.

A ocorrência simultânea também pode ocorrer em algumas espécies, ou seja, a presença de raios menores estratificados e raios maiores não estratificados. Esse tipo de aspecto, tendo como exemplo a madeira de açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), dificulta essa observação.

Em geral, o reconhecimento da estratificação é de observação difícil, exigindo a atenção e o treinamento constante do observador. Em resumo: ela pode estar presente ou ausente. Quando presente, a mesma pode ser: irregular, parcial (um ou dois elementos celulares) ou total (todos os elementos: raio, vasos, parênquima axial ou fibras).

Exemplos de estratificação (Figura 22)

Raios estratificados: garapa (*Apuleia leiocarpa*), mogno (*Swietenia macrophylla*);

Parênquima axial estratificado: mulungu (*Erythrina falcata*);

Vasos estratificados: guarantã (*Esenbeckia leiocarpa*);

Raios e parênquima axial estratificados: Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*).

Fonte: A) Richter, H. G., Inst.: BFH.- UH, <http://insidewood.lib.ncsu.edu/>; B) Beekman, H., Inst.: RMCA, www.metafro.be/xylarium/woodcollection/



Figura 22. Seções longitudinais tangenciais, evidenciando-se alguns exemplos de estratificação dos elementos celulares. A) Angelim pedra (*Hymenolobium petraeum*); B) Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*) ambas pertencentes à família Fabaceae.

Variações cambiais (caracteres especiais)

O câmbio é um tecido meristemático, isto é, apto a gerar novos elementos celulares, constituído por uma camada de células situada entre o xilema e o floema, só sendo visível ao microscópio (BURGER; RICHTER, 1991). Em outras palavras, o câmbio é o tecido formador da madeira (xilema secundário) e casca (floema secundário), permanecendo ativo durante toda a vida da planta. Assim, em atividade normal o câmbio produz os elementos estruturais comuns da madeira para dentro e da casca para fora.

A atividade cambial, além ser sensivelmente influenciada pelas condições ambientais (ex.: clima, condições de crescimento, outros), em determinadas espécies ou no caso de injúrias provocadas ao tecido, pode, por sua vez, produzir estruturas com organização diferenciada e bastante distinta do padrão geral para esse grupo de plantas.

Em algumas madeiras podem ocorrer elementos considerados especiais (canais celulares, intercelulares; células oleíferas, floema incluso, máculas, etc.) constituindo-se, em muitos casos, aspectos importantes tanto sob o ponto de vista diagnóstico quanto tecnológico.

Floema incluso

A casca de uma planta (no caso de uma árvore) é constituída interiormente pelo floema, conjunto de tecidos vivos especializados para a condução da seiva elaborada, e exteriormente pelo córtex, periderme e ritidoma, tecidos que revestem o tronco. A casca é de grande importância na identificação de árvores vivas, e o estudo de sua estrutura tem despertado cada vez mais o interesse da anatomia da madeira, por contribuir enormemente para a distinção de espécies semelhantes (BURGER; RICHTER, 1991). Além do papel do floema no armazenamento e transporte de seiva (elaborada) no interior das árvores, no sentido da copa para as raízes, a casca tem a função de proteger o vegetal contra o ressecamento, alterações climáticas, injúrias mecânicas e ataques de insetos e fungos.

Geralmente, o floema está localizado apenas na porção externa, constituindo parte da “casca”, mas em algumas espécies ele pode ocorrer incluso na madeira. Nesse caso, para alguns gêneros botânicos, o câmbio vascular forma esporadicamente células de floema para o interior do tronco, constituindo-se em peculiaridade normal para estes grupos vegetais e, portanto, de importância para o reconhecimento e identificação dessas madeiras.

O floema incluso pode ser do tipo **difuso** (Figura 23) (foraminado ou do tipo “ilha”), onde são observados muitos núcleos isolados de floema, dispersos e disseminados de forma aleatória no interior da madeira (Ex.: cedrinho (*Erisma uncinatum*, Vochysiaceae), primavera, buganvília (*Bougainvillea glabra*, Nyctaginaceae), entre outros gêneros das famílias Combretaceae, Loganiaceae, etc.); ou do tipo **concêntrico** (Figura 24), formando faixas concêntricas no lenho das árvores (Ex.: pau-d’alho (*Gallesia integrifolia*, Phytolaccaceae), mangue branco (*Avicennia marina*, Acanthaceae).

Imagem B: Détienné, P.; Cirad-Forêt

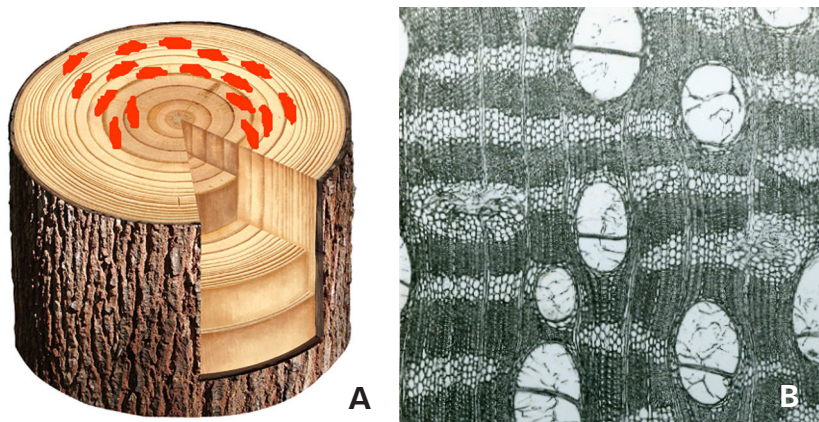


Figura 23. Floema incluído difuso. A) Modelo esquemático; B) Cedrinho (*Erisma uncinatum*, Vochysiaceae).

Imagem B: Détienné; Jacquet, 1983.

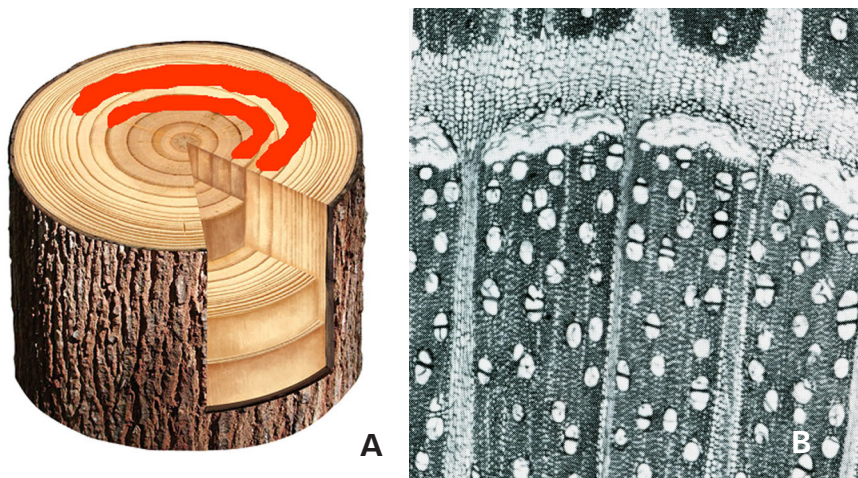


Figura 24. Floema incluído concêntrico. A) Modelo esquemático; B) Pau-d'alho (*Gallsia integrifolia*, Phytolaccaceae).

Máculas

As máculas no xilema (lenho) podem ser formadas em resposta a injúrias na região cambial causadas por lesões diversas, como provenientes de danos de natureza biótica (insetos, brocas,

perda de folhas por herbivoria, etc.) ou abiótica (déficit hídrico, frio intenso, geadas, danos mecânicos, fogo, inundações). Esse tecido parenquimatoso anômalo, frequentemente de origem traumática, constitui estrutura de aspecto irregular e sem formato definido, incluso no lenho, sendo visualizado em seções transversal e longitudinal.

A sua presença é comum em algumas famílias botânicas, como Rutaceae e Lecythidaceae.

Canais celulares e intercelulares (estruturas secretoras)

Assim como são encontrados canais resiníferos em certas gimnospermas, podemos encontrar, também nas angiospermas, estruturas análogas, como canais celulares ou intercelulares, contendo as mais diversas substâncias, como: resinas, gomas, látex, taninos, óleos, etc. Esses canais da madeira ocorrem apenas em determinadas famílias botânicas, sendo, portanto, muito úteis para a identificação de algumas madeiras.

Para exemplificar, podemos mencionar algumas famílias que apresentam essas peculiaridades em suas madeiras, a saber: (i) canais radiais (ex.: Anacardiaceae), (ii) tubos laticíferos (ex.: Moraceae), (iii) canais traumáticos (ex.: Rutaceae), e, (iv) tubos taniníferos (ex.: Myristicaceae).

Esses canais são estruturas celulares tubulares, de comprimentos indeterminados e revestidos por células parenquimáticas secretoras. Esses são frequentemente preenchidos por resinas, gomas, etc., e apresentam, em seção transversal, aspecto bastante diferente dos vasos (ou poros). Os canais podem ocupar na madeira posições tanto verticais (axiais), paralelamente aos vasos, como horizontais (radiais), ocorrendo no interior dos raios.

Ainda que macroscopicamente tenhamos dificuldade, em termos práticos, para diferenciar os canais celulares dos intercelulares,

existe, no entanto, diferenças estruturais que permitem diferenciá-los microscopicamente. Os canais celulares formam um conjunto tubiforme de células parenquimáticas, possuindo paredes próprias, enquanto que, os intercelulares são espaços de estrutura tubular, sem paredes próprias, e revestidas por células especiais secretoras (epitélio), formando uma camada epitelial ao redor dessa cavidade.

Os canais axiais podem ocorrer de forma solitária e aleatoriamente difusa na madeira (mais raro, ex.: *Prioria copaifera*, Leg. Caesalpinaceae; *Vateria macrocarpa*, Dipterocarpaceae), ou então, em camadas concêntricas dispostas em curtas linhas tangenciais (ex.: *Dipterocarpus grandiflorus*, Dipterocarpaceae) ou em longas linhas, como nos exemplos de copaíba (*Copaifera* spp.), *Sindora* spp. (ambas Fabaceae).

Canais intercelulares

- **Axiais:** canais axiais concêntricos, formando fileiras tangenciais. Ex.: Copaíba (*Copaifera langsdorffii*), Pau-óleo (*Prioria copaifera*).

- **Radiais:** canais presentes no interior dos raios, também denominados canais horizontais.

Ex.: Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* sin. *Astronium urundeuva*), cupiúva (*Tapirira guianensis*), Umbuzeiro (*Spondias mombim*), família Anacardiaceae.

- **Canais intercelulares (de origem traumática):** nesse caso, diferem dos demais, pois sua ocorrência é esporádica. Ex.: pau-marfim (*Balfourodendron riedelianum*, Rutaceae), Castanheira (*Bertholletia excelsa*), Cardeiro (*Scleronema micranthum*).

Camadas de crescimento (anéis de crescimento)

Em regiões de clima temperado, os anéis (ou camadas) de crescimento representam, geralmente, o incremento anual das árvores e, pela sua contagem, pode-se estimar a idade do indivíduo. A cada ano, é acrescentado um novo anel ao tronco, razão pela qual são denominados anéis anuais ou camadas anuais de crescimento. Também em regiões tropicais e subtropicais, a presença de camadas de crescimento – anuais ou não necessariamente – em muitas espécies florestais, é decorrente da alternância de condições ambientais com períodos favoráveis e/ou desfavoráveis (ex.: períodos de seca/chuva, inundações periódicas, deficiência hídrica, baixas temperaturas, etc.), associada às condições ecológicas de crescimento dessas árvores.

Distinguem-se normalmente duas partes em uma camada de crescimento: (i) lenho inicial (ou primaveril) e (ii) lenho tardio (outonal ou estival) (Figura 25), em *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná). O lenho inicial corresponde ao crescimento da árvore no início do período vegetativo, normalmente a primavera (ou quando as condições são favoráveis ao crescimento), quando as plantas despertam do período de dormência e reassumem suas atividades fisiológicas com todo vigor.

Com a aproximação do fim do período vegetativo, normalmente o outono, as condições ambientais (ex.: clima, disponibilidade hídrica, etc.) tornam-se cada vez mais restritivas ao crescimento das plantas, fazendo com que o câmbio vascular e as células, em geral, diminuam paulatinamente a sua atividade fisiológica. Em consequência, as paredes celulares tornam-se gradualmente mais espessas e suas cavidades menores. Em geral, isso confere ao lenho tardio um aspecto mais escurecido (contrastado), permitindo distingui-lo do primaveril. De uma maneira simplista

e prática, podemos dizer que, macroscopicamente, essa alternância de contraste no aspecto das cores nos auxilia a evidenciar, em seção transversal, as camadas de crescimento no tronco de muitas espécies.

Imagens: Paulo Cesar Botosso

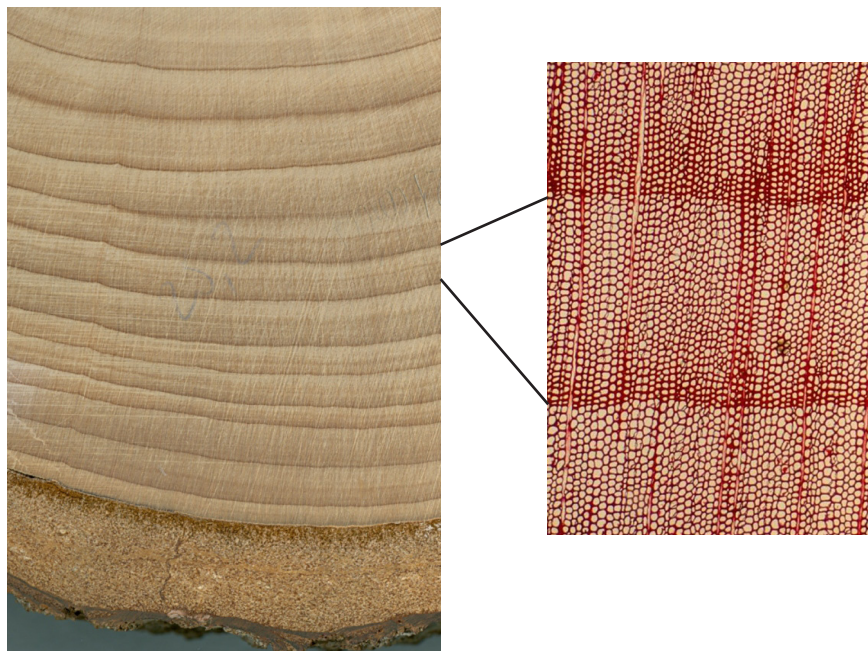


Figura 25. Aspectos macro e microscópico dos anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná), evidenciando-se a nítida distinção entre as camadas de lenho inicial e lenho tardio.

Demarcação das camadas de crescimento

Determinadas características anatômicas permitem destacar o limite dessas camadas de crescimento em angiospermas dicotiledôneas (folhosas), tais como: (i) parênquima axial marginal; (ii) espessamento diferencial das paredes das fibras; (iii) alteração no espaçamento das faixas tangenciais de parênquima axial (reticulado e escalariforme); (iv) concentração ou maior dimensão dos poros no início do período vegetativo, entre outras.

A demarcação dessas camadas ocorre de forma concêntrica nos troncos e pode ser mais ou menos evidente, dependendo da espécie em questão (Figura 26).

Podem ser classificadas, sem o auxílio de lupa como indistintas ou distintas.

Camadas de crescimento indistintas e/ou ausentes: são consideradas as camadas de crescimento vagamente demarcadas por mudanças estruturais mais ou menos graduais de seus limites, sendo esses, por sua vez, mal definidos, ou não visíveis.

Camadas de crescimento distintas: são consideradas distintas as camadas de crescimento com uma mudança estrutural abrupta no limite entre elas, normalmente incluindo mudanças anatômico-estruturais.

Caso haja demarcação das camadas de crescimento (ou anéis), deve-se identificar o tipo de marcação: anel poroso, anel semiporoso, zona fibrosa ou parênquima axial marginal.

Anel poroso - apresenta uma transição abrupta entre as faixas de vasos de grande e de pequeno diâmetro. Ex.: carvalho (*Quercus falcata*, Fagaceae).

Anel semi poroso - apresenta uma gradação dos diâmetros dos vasos observados na faixa de vasos de grande diâmetro (lenho inicial) e pequeno diâmetro (lenho tardio). Ex.: cedro (*Cedrela fissilis*, Meliaceae).

Zona fibrosa - é uma região na qual não ocorre parênquima axial. Ex.: castanheira (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae).

Marginal - faixas dispostas perpendiculares aos raios, com espaçamento grande e regular. Ex.: jatobá (*Hymenaea courbaril*, Fabaceae).

Fonte das imagens: A - Richter, H. G., Inst.: BFH - UH, <http://insidewood.lib.ncsu.edu/>; B - Botosso, P.C., C - Beekman, H., Inst.: RMCA, www.metafro.be/xylarium/wood_collection/

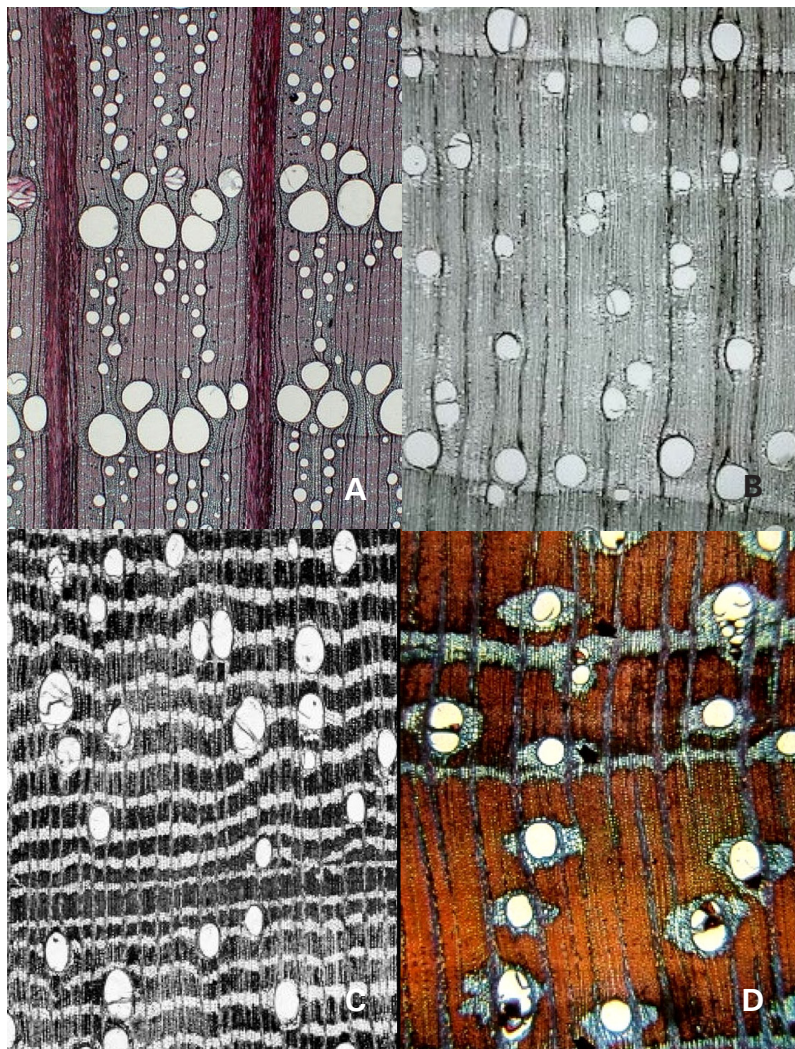


Figura 26. Seções transversais mostrando exemplos de anéis de crescimento. A) Anel poroso (carvalho, *Quercus falcata*, Fagaceae); B) Anel semi poroso (cedro, *Cedrela fissilis*, Meliaceae); C) Zona fibrosa (castanheira, *Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae); D) Marginal (jatobá, *Hymenaea courbaril*, Fabaceae).

Bases de dados na Internet

Os anatomistas e interessados em estudos anatômicos de madeira dispõem atualmente de uma extensa base de consulta digital – via internet – auxiliando, também, na tarefa de reconhecimento e identificação de madeiras. No entanto, a existência dessas bases de consulta não dispensam a formação de uma coleção de referência própria (institucional) e a consulta à coleções de referência (xilotecas) mantidas em diversas instituições públicas e privadas em todo território nacional (Tabela 4), as quais são, na maior parte das vezes, acessíveis para consulta.

Esses bancos de dados digitais, contendo, geralmente, imagens macro e/ou microscópicas de inúmeras espécies florestais madeireiras, inclusive tropicais, estão sendo constantemente ampliados e atualizados, com a inserção de espécies e/ou grupos botânicos de interesse.

Dentre as diversas bases digitais de dados existentes, podemos citar algumas no país e exterior, como:

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
(<http://www.ipt.br/>);

Grupo de trabalho “InsideWood” – Universidade do Estado da Carolina do Norte (NCSU, Estados Unidos) (<http://insidewood.lib.ncsu.edu/>);

Centro de informação digital do Museu Real para África Central; local: Tervuren (Bélgica). (<http://www.metafro.be/xylarium>);

Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research
(www.wsl.ch/land/products/dendro/welcome.html);

Commercial timbers (Richter, H.G.; Dallwitz, M. J.) (<http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/wood/english/index.htm>);

Instituto de Pesquisas *Jardim Botânico do Rio de Janeiro* (<http://www.jbrj.gov.br/colecoes/>);

Database of Brazilian Woods (<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/>).

Lista dos principais acervos (xilotecas) no País

Conforme salientado, o observador ou profissional interessado no reconhecimento e identificação de madeiras tem a sua disposição no País um expressivo número de coleções e acervos, possibilitando a consulta aos profissionais responsáveis por essas coleções de madeiras (em geral, amostras-padrão), devidamente registradas e catalogadas. As xilotecas representam, portanto, uma importante fonte de informação para o pesquisador ou pessoa interessada no tema, fornecendo possibilidades de identificação, resgate de dados, procedência, coletores, etc. Nesses acervos (Tabela 4), podemos encontrar boa parte da grande diversidade de espécies madeireiras encontradas nos mais diferentes biomas do País, inclusive com amostras de madeiras provenientes do exterior.

Tabela 4. Lista das principais coleções de madeira (xilotecas) existentes no país.

Sigla	Instituição	Abrangência do acervo
MGw	Museu Paraense Emílio Goeldi	Nacional e regional (Amazônia)
HAMAP	Herbário Amapaense	Regional (Norte)
IAN	Embrapa Amazônia Oriental	Regional (Amazônia)
HEPH	Herbário Ezechias Paulo Heringer	Regional (Bioma cerrado)
CVRD	Reserva Florestal Companhia Vale	Mundial
BOTw	Unesp, FCA, Departamento de Recursos Naturais	Mundial
CNPF	<i>Embrapa Florestas</i> (Embrapa)	Nacional e regional (Mata Atlântica, Floresta com Araucária)
FPBw	Laboratório de Produtos Florestais (LPF) - Ibama	Floresta Amazônica
SPFw	Universidade de São Paulo (USP), Instituto de Biociências (IB-USP), Departamento de Botânica	Cerrado, florestas decíduas (MT), Campos rupestres (MG, BA), Floresta Atlântica e Amazônia
JARI	Orsa Florestal S.A	Região do Vale Jarí (Pará)
SPw	Xiloteca do Herbário “Maria Eneida P. K. Fidalgo” do Instituto de Botânica de São Paulo	Cerrado, Mata Atlântica (SP)
UNB	Universidade de Brasília	Cerrado
BCTw	Xiloteca Dr. Calvino Mainieri, IPT-São Paulo S.A. - IPT, Divisão de Produtos Florestais	Madeiras brasileiras comerciais
RBw	Xiloteca do Jardim Botânico do Rio de Janeiro	Amazônia e Floresta Atlântica (RJ)
ESAw	ESALQ-USP, Curso de Engenharia Florestal, DCF Laboratório de Anatomia de Madeiras	Espécies nativas e introduzidas
INPAw	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)	Amazônia (Brasil, Peru, Colômbia, Venezuela); Canadá, Austrália, Malásia e Portugal
	Jardim Botânico Municipal Francisca Maria Garfunkel Rischbieter	Nacional e exótica
INDEA	Instituto de Defesa Agropecuária do Estado do MT	Espécies madeiras (MT)
SPSFw	Instituto Florestal do Estado de São Paulo	Espécies madeiras (SP)

Fonte: XILOTECAS..., 2009.

Referências

- BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.
- COSTA, C. G.; CALLADO, C. H.; CORADIN, V. T. R.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Xilema, In: APPEZZATO-DA-GLORIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. (Org.). **Anatomia vegetal**. Viçosa, MG: UFV, 2003. p. 129-154.
- DÉTIENNE, P.; JACQUET, P. **Atlas d'identification des bois de l'Amazonie et des régions voisines**. Nogent-sur-Marne: Centre Technique Forestier Tropical, 1983. 640 p.
- FERREIRA, G. C.; HOPKINS, M. J. G. **Manual de identificação botânica e anatômica – angelim**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 101 p.
- FERREIRA, G. C.; SILVA, R. C. V. M.; HOPKINS, M. J. G. Uso de nomes comuns na comercialização de madeiras no Estado do Pará – o exemplo do angelim. **Brasil Florestal**, v. 23, n. 80, p. 71-76, 2004.
- GOTTWALD, H. **Handelshölzer**. Hamburg: Ferdinand Holzmann-Verlag, 1958. 254 p.
- GROSSER, D. **Die Hölzer Mitteleuropas: ein mikrophotographischer Lehratlas**. Berlin: Springer-Verlag, 1977. 208 p.
- HOPKINS, M.; SILVA, R. Identification, conservation and management plans in the Amazon. **Tropinet**, v. 14, p. 3-4. 2003.
- IAWA list of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin, Leiden, v. 10, n. 3. p. 219-332. 1989.
- IAWA list of microscopic features for softwood identification. IAWA Journal, Leiden, v. 25, n. 1. p. 1-70. 2004.
- IAWA multilingual glossary of terms used in wood anatomy (English, French, German, Italian, Portuguese, Spanish, Croato-Serbian versions). Winterthur: IAWA, 1964. 186 p.
- IBAMA. Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae, II. Gimnospermae. Brasília, DF: IBAMA, LPF, 1992. 19 p. (IBAMA. Série técnica, n. 15).
- IDENTIFICAÇÃO e agrupamento de espécies de madeiras tropicais amazônicas: síntese. Brasília, DF: IBDF, 1985. 59 p.
- LACERDA, A. E. B.; NIMMO, E. R. Can we really manage tropical forests without knowing the species within? Getting back to the basics of forest management through taxonomy. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 5. p. 995-1002, 2010.

MAINEIRI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: IPT, Divisão de Madeiras, 1989. 418 p.

NORMAND, D. **Manuel d'identification des bois commerciaux**: tome 1: généralités. Nogent-sur-Marne: Centre Technique Forestier Tropical, 1972. 171 p.

XILOTECAS brasileiras: panorama atual e contextualização. Disponível em: <www.cria.org.br/cgee/documentos/xilotecas.doc>. Acesso em: 14 jun. 2009. Autoria assumida por: Claudia Franco Barros e Vera T. R. Coradin.

ZENID, G. J.; CECCANTINI, G. C. T. **Identificação macroscópica de madeiras**. São Paulo: IPT, 2007. 24 p.